

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SÉRGIO COMÉ

**GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA A ESCALA 1:10.000
DAS FEIÇÕES CULTURAIS DE ÁREAS URBANAS REPRESENTADAS EM
CARTAS TOPOGRÁFICAS NA ESCALA 1:2.000**

**CURITIBA
JUNHO, 2014**

SÉRGIO COMÉ

**GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA A ESCALA 1:10.000
DAS FEIÇÕES CULTURAIS DE ÁREAS URBANAS REPRESENTADAS EM
CARTAS TOPOGRÁFICAS NA ESCALA 1:2.000**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de mestre em Ciências Geodésicas, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Claudia Robbi Sluter

CURITIBA

JUNHO, 2014

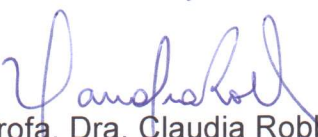
TERMO DE APROVAÇÃO

SÉRGIO COMÉ


GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA A ESCALA 1:10.000 DAS FEIÇÕES CULTURAIS DE ÁREAS URBANAS REPRESENTADAS EM CARTAS TOPOGRÁFICAS NA ESCALA 1:2.000

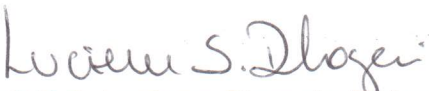
Dissertação nº 273 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora:


Profa. Dra. Claudia Robbi Sluter
Departamento de Geomática, UFPR


Profª. Drª. Maria Cecília Bonato Brandalize
Departamento de Geomática, UFPR


Profª. Drª. Silvana Philippi Camboim
Departamento de Geomática, UFPR


Profª. Drª. Luciene Stamato Delazari
Departamento de Geomática, UFPR

Curitiba, 30 de julho de 2014.

Em memória à minha mãe, Amélia Matsinhe.

Ao meu pai, Martinho Jonas Comé.

À minha esposa, Célia da Graça M. M.Comé
e aos meus filhos, Ivan, Boris e Erlon.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, força, dedicação e oportunidade pelos feitos alcançados com sucessos.

Aos meus pais Martinho Jonas Comé e Amélia Matsinhe que me orientaram desde a infância a uma vida acadêmica, dando toda atenção possível para que os estudos sejam alcançados.

À minha esposa Célia da Graça Manuel Mendes Comé pelo entendimento, coragem e confiança por ter permitido os meus estudos fora do país, em busca do conhecimento enquanto ela cuida dos nossos filhos, trabalho e outras atividades respeitantes a família.

Ao INFATEC por ter me dispensado este precioso tempo para continuar com estudos e pelo apoio moral.

À Fundação Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos.

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de um melhor curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e pela disposição das instalações do laboratório de pesquisa em Cartografia (LABCARTO).

Ao Paranacidade pela disponibilização do material de trabalho – bases de dados digitais cartográficos – utilizados nesta dissertação.

À Professora Doutora Cláudia Robbi Sluter por ter me acolhido, orientado e dedicado muita atenção e pela oportunidade de termos trabalhados juntos.

Aos professores do PCPGCG por terem ensinado de forma sábia a transmissão dos conhecimentos pelos quais permitiram alcançar esta fase.

À Mônica secretária do PCPGCG da UFPR, pela atenção, paciência, tramitação de documentos e contato com a coordenação.

A todos amigos e colegas, que de forma direta e/ou indireta contribuíram para a realização de mais uma etapa alcançada, na minha formação pessoal e profissional.

RESUMO

Este trabalho aborda o processo de generalização cartográfica, no qual procura-se reduzir a quantidade de informações de uma carta de acordo com o propósito. No processo da derivação da escala da carta, deve-se procurar reduzir a quantidade de feições, suprimir as menos importantes e destacar as mais importantes, preservando as características dos dados originais e permitindo que o usuário possa ler e compreender o seu significado em qualquer escala de visualização. Nas cartas derivadas, pelo fato de haver restrições de espaço para representar as mesmas informações, deve haver uma preocupação em representar as informações de forma adequada para garantir a legibilidade cartográfica. Nesta pesquisa, o objetivo é desenvolver uma proposição metodológica para representar regiões urbanas, de edificações, vias urbanas, limites de propriedades incluindo a própria toponímia em cartas topográficas na escala 1:10.000 derivadas da escala 1:2.000, com base em critérios de legibilidade cartográfica definidos no teste de percepção visual de símbolos. O desenvolvimento desta pesquisa consiste na definição (seleção) de classes e subclasses de feições demandadas pelo Paranaquidade. A avaliação cartométrica consiste na detecção visual dos problemas na carta impressa na escala 1:10.000. A proposta da aplicação dos operadores de generalização para cada condição geométrica visa restabelecer a legibilidade cartográfica. A omissão de feições, a simplificação de detalhes não necessários e a agregação de feições em áreas contruídas resultaram na diminuição da complexidade visual e restabeleceram a legibilidade na escala derivada. Estes resultados foram alcançados pelo fato de ter se levado em consideração, durante todo o processo, a aplicação dos conceitos da generalização cartográfica e os paradigmas de visibilidade e legibilidade cartográficas.

Palavras-chaves: Generalização cartográfica. Mapas topográficos urbanos.

ABSTRACT

This paper proposes a process of cartographic generalization that aims to reduce the amount of information in accordance with specific objectives. In the process of derivation of the map scale, one should try to reduce the amount of features, suppress the less important and highlight the most important, preserving the original characteristics and allowing the user to read and understand their meaning in any scale. In the derived maps, there are restrictions in the geographic space. Therefore, to represent the same information in another scale, there must be a concern that the information is appropriately represented ensuring the cartographic readability. In this paper, the goal is to develop a methodological proposition to make topographic maps at 1:10.000 scale derived from 1:2.000 scale, of the urban areas, buildings, urban roads, limits of properties including their toponymy, based on the criteria of cartographic readability defined on the tests of symbols and visual perception. The development of this paper consists in proposing a definition of classes and subclasses of features demanded by the user (Paranacidade). The cartometric review consists on visual detection of problems in the map printed in 1:10.000 scale. The application of proposed operators of generalization for each geometric condition seeks to restore cartographic legibility. The results of the application of the proposed methodology in a study area in 1:10.000 scale derived from 1:2.000 were pursued, taking into consideration throughout the process, the application of the concepts of cartographic generalization and cartographic paradigms of visibility and legibility.

Keywords: Cartographic generalization. Topographic maps. Urban maps.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 PARTE DE UMA CARTA TOPOGRÁFICA NA ESCALA 1:5.000.....	21
FIGURA 2 PARTE DE UMA CARTA TOPOGRÁFICA NA ESCALA 1:25.000.....	22
FIGURA 3 CLASSIFICAÇÃO	28
FIGURA 4 SIMPLIFICAÇÃO	28
FIGURA 5 DESLOCAMENTO.....	29
FIGURA 6 UNIÃO DE FEIÇÕES DO TIPO ÁREA.....	30
FIGURA 7 DISSOLUÇÃO DE FEIÇÕES DO TIPO ÁREA.....	30
FIGURA 8 REALCE	31
FIGURA 9 SIMBOLIZAÇÃO	31
FIGURA 10 EDIFICAÇÕES INDIVIDUAIS À ESQUERDA E ÁREAS DE EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS À DIREITA.....	36
FIGURA 11 MODELO PARA GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA PROPOSTO POR RATAJSKI ..	37
FIGURA 12 MODELO DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA PROPOSTO POR BRASSEL E WEIBEL	38
FIGURA 13 MODELO CONCEITUAL DE MCMASTER E SHEA.....	40
FIGURA 14 OBJETIVOS FILOSÓFICOS OU SEJA PORQUE GENERALIZAR	41
FIGURA 15 AVALIAÇÃO CATOMÉTRICA OU QUANDO GENERALIZAR	41
FIGURA 16 TRANSFORMAÇÕES ESPACIAIS E DE ATRIBUTOS OU COMO GENERALIZAR	46
FIGURA 17 SUAVIZAÇÃO.....	46
FIGURA 18 AGREGAÇÃO.....	47
FIGURA 19 AMALGAMAÇÃO.....	47
FIGURA 20 UNIFICAÇÃO.....	47
FIGURA 21 COLAPSO	48
FIGURA 22 REFINAMENTO.....	48
FIGURA 23 EXAGERO	49
FIGURA 24 PROXIMIDADE.....	51
FIGURA 25 SIMILARIDADE	51
FIGURA 26 CONTINUIDADE	52
FIGURA 27 FECHAMENTO.....	52
FIGURA 28 REPRESENTAÇÃO DE CONTINUIDADE	53
FIGURA 29 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO NO ESTADO DO PARANÁ.....	59
FIGURA 30 FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA PROPOSTA PARA CONSTRUIR CARTAS DERIVADAS PELO PROCESSO GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA	65
FIGURA 31 RECORTE DA BASE CARTOGRÁFICA NA ESCALA 1:2.000	69
FIGURA 32 RECORTE DA BASE CARTOGRÁFICA NA ESCALA 1:10.000	69

FIGURA 33 CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS QUE DEMANDAM A GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA	70
FIGURA 34 FLUXOGRAMA DO RESUMO DAS ETAPAS DA METODOLOGIA PROPOSTA	75
FIGURA 35 OPERAÇÃO SELEÇÃO E OMISSÃO DE EDIFICAÇÕES	79
FIGURA 36 OPERAÇÃO DE SIMPLIFICAÇÃO	80
FIGURA 37 OPERAÇÃO DE AGREGAÇÃO	81
FIGURA 38 OPERAÇÃO DE SIMPLIFICAÇÃO	83
FIGURA 39 OPERAÇÃO DE DESLOCAMENTO	84
FIGURA 40 RECORTE DA BASE CARTOGRÁFICA NA ESCALA 1:2.000	87
FIGURA 41 RECORTE DA BASE CARTOGRÁFICA NA ESCALA 1:10.000	87
FIGURA 42 CONGESTIONAMENTO DE EDIFICAÇÕES NA ESCALA 1:10.000	89
FIGURA 43 COALESCÊNCIA DE FEIÇÕES NA ESCALA 1:10.000	90
FIGURA 44 IMPERCEPTIBILIDADE DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NA ESCALA 1:10.000	91
FIGURA 45 CONFLITO ENTRE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS E VIAS URBANAS NA ESCALA 1:2.000	92
FIGURA 46 SELEÇÃO E OMISÃO DAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS	93
FIGURA 47 SIMPLIFICAÇÃO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS	94
FIGURA 48 AGREGAÇÃO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS E FORMAÇÃO DE ÁREAS CONSTRUÍDAS	95
FIGURA 49 REPRESENTAÇÃO DA LINHA ORIGINAL COM O NÚMERO DE PONTOS (7 VÉRTICES) ANTES DA SIMPLIFICAÇÃO NA ESCALA 1:2.000	96
FIGURA 50 REPRESENTAÇÃO DA VIA SIMPLIFICADA COM 3m DE TOLERÂNCIA. PONTOS RESULTANTES 4	97
FIGURA 51 DESLOCAMENTO DAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAS EM RELAÇÃO ÀS VIAS URBANAS NA ESCALA 1:2.000 E 1:10.000	98
FIGURA 52 OS CANTEIROS NA ESCALA 1:10.000	99
FIGURA 53 RECORTE DA CARTA DO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO NA ESCALA 1:2.000	102
FIGURA 54 RECORTE DA CARTA DO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO NA ESCALA 1:10.000 ANTES DA GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA	103
FIGURA 55 RECORTE DA CARTA DO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO NA ESCALA 1:10.000 DEPOIS DA GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA	104

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 RESUMO DO PROCESSO DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA	26
TABELA 2 TAMANHOS MÍNIMOS PERCEPTÍVEIS PROPOSTOS PELA SSC (1977) E POR TAURA (2007)	43
TABELA 3 OPERADORES POR FINALIDADE SEMELHANTE	50
TABELA 4 PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO	54
TABELA 5 RESUMO DAS CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS, PARÂMETROS GRÁFICOS E PROBLEMAS CAUSADOS POR CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS	55
TABELA 6 OS OPERADORES DE FINALIDADE SEMELHANTE USADOS POR NALINI E TAURA	57
TABELA 7 DADOS DO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO	59
TABELA 8 RECORTE DA TABELA DE CATEGORIAS E FEIÇÕES	61
TABELA 9 CARACTERÍSTICAS COMUNS NA METODOLOGIA DE REGNAULD (2001) E DE MCMASTER E SHEA (1992)	72
TABELA 10 CATEGORIAS DE LAYERS SELECIONADAS	76
TABELA 11 - PONTES E OS VIADUTOS DENTRO E FORA DA ESCALA	78
TABELA 12 - REPRESENTAÇÃO DE DIFERENTES CLASSES DE VIAS	82
TABELA 13 SEQUÊNCIA DOS OPERADORES APLICADOS	101

LISTA DE SIGLAS

COPEL	- Companhia Paranaense de Energia
CTCG	- Câmera Técnica de Cartografia e Geoprocessamento
CELEPAR	- Companhia de Tecnologia da Informação e Comunicação do Paraná
DER	- Departamento de Estradas de Rodagem
FAMEPAR	- Fundação de Assistência aos Municípios do Estado do Paraná
IAP	- Instituto Ambiental do Paraná
ICA	- Sociedade Cartográfica Internacional
IGN	- <i>Institut Géographique National</i>
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPARDES	- Instituto Paranaense do Desenvolvimento Econômico e Social
MDT	- Modelo Digital do Terreno
MINEROPAR	- Minerais do Paraná
SAD69	- <i>South America Datum 1968</i>
SANEPAR	- Companhia de Saneamento do Paraná
SEDU	- Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano
SGB	- Sistema Geodésico Brasileiro
SIG	- Sistemas de Informação Geográfica
SSC	- <i>Swiss Society of Cartography</i>
UTM	- Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE SIGLAS	viii
1 INTRODUÇÃO	11
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Geral.....	16
1.2.2 Específicos	16
1.3 JUSTIFICATIVA	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA	20
2.1.1 Generalização manual	27
2.1.2 Generalização em ambiente digital.....	32
2.2 MODELOS CONCEITUAIS DA GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA	35
3 MATERIAIS E METODOLOGIA.....	58
3.2 AS CATEGORIAS E CLASSES DAS BASES CARTOGRÁFICAS DAS ÁREAS URBANAS DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ	60
3.3 METODOLOGIA.....	65
3.3.1 Proposição da definição de classes de feições a generalizar	66
3.3.2 Redução da escala da carta de 1:2.000 para 1:10.000	67
3.3.3 Proposta de detecção dos problemas de generalização	70
3.3.4 Proposta de aplicação dos operadores para a escala 1:10.000	73
3.4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA.....	75
3.4.1 Entender a organização da base cartográfica do município de Campo Largo na escala 1:2.000	76
3.4.2 Definição dos critérios e dos parâmetros de legibilidade adotados nas transformações de escala.	78
3.4.3 Generalização das edificações	79
3.4.4 Simplificação das vias urbanas	81
3.4.5 Deslocamento das edificações residenciais em relação às vias urbanas	83
3.4.6 Generalização da toponímia	84
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	86
4.1 DEFINIÇÃO DAS FEIÇÕES GENERALIZADAS	86
4.2 REDUÇÃO DA ESCALA DE 1:2.000 PARA 1:10.000	87
4.3 CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS DETECTADAS.....	88

4.4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA COM REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA NA ESCALA 1:10.000 NA ÁREA DE ESTUDO	92
4.4.1 Generalização das edificações	93
4.4.2 Simplificação das vias urbanas	96
4.4.3 Deslocamento das edificações residenciais em relação às vias urbanas	97
4.4.4 Generalização da toponímia	99
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A SEQUÊNCIA DO PROCESSO DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA	100
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	105
REFERÊNCIAS	108

1 INTRODUÇÃO

O mapa é a representação simplificada de feições topográficas que facilita a realização das análises espaciais em diferentes áreas de atividades para o desenvolvimento dos municípios. As cartas topográficas na escala 1:2.000 são usadas para cadastro técnico multifinalitário, sistema viário, ocupações irregulares, projetos habitacionais e planejamento do espaço urbano. Estas cartas na escala 1:2.000 são aplicadas para as atividades que necessitam de um detalhamento mais preciso e acurado.

Os projetos de desenho urbano, de sistema viário e outras atividades cujo o nível de detalhamento é relativamente menor, são aplicadas as cartas na escala 1:5.000, assim como para a representação dos municípios, zonas e áreas de restrição ambiental são aplicadas cartas na escala 1:10.000. Com isso, o nível de generalização cartográfica aumenta com a diminuição da escala.

Com efeito, os profissionais de todos os perfis e interessados nas análises espaciais da dinâmica das áreas urbanas, necessitam de cartas em diferentes escalas. Por isso, o Paranacidade assim como a Companhia Paranaense de Energia – COPEL e a Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, têm sido os responsáveis pela especificação e pela contratação da produção das bases cartográficas das áreas urbanas dos municípios do estado do Paraná (CTCG, 2009).

O Paranacidade é um órgão ligado à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano - SEDU do estado do Paraná. A instituição tem como missão incentivar e executar atividades e serviços relacionados ao desenvolvimento regional, urbano e institucional dos municípios. Isto é feito através de projetos institucionais que visam viabilizar a assistência técnica e treinamento em administração e gestão urbana, e aperfeiçoar a implantação e manutenção de diversos projetos de investimento em infraestruturas urbanas. O Paranacidade dispõe de cartas topográficas que datam de 1997, que são chamadas de bases cartográficas digitais urbanas. Estas cartas auxiliam o desenvolvimento de trabalhos e projetos para o desenvolvimento dos municípios do estado do Paraná (NALINI, 2005).

Desde 2006, o Paranacidade trabalha com bases cartográficas digitais urbanas, que são destinadas a dar suporte a diversos trabalhos que necessitam de

informação acurada e precisa sobre a superfície terrestre. Para as informações que estão contidas na Tabela de Categorias de Feições conforme recomendado pela Câmara Técnica de Cartografia e Geoprocessamento – CTCG, são definidas classes de feições que representam conjuntos de elementos naturais e artificiais. Cada feição é representada por suas primitivas gráficas e possui diversos atributos que definem suas características específicas (CTCG, 2009).

As cartas nas escalas 1:5.000 e 1:10.000 são resultado de derivações da carta na escala 1:2.000. Para a representação dessas informações utiliza-se a padronização das feições e as categorias de informações especificadas na escala 1:2.000 definidas pela Câmara Técnica de Cartografia e Geoprocessamento do Estado do Paraná (CTCG, 2009).

A Coordenadoria de Projetos do Paranacidade é responsável pelo desenvolvimento de projetos cartográficos, está comprometida com a busca de excelência na oferta de serviços e produtos, viabiliza recursos para a elaboração de bases cartográficas digitais de regiões urbanas na escala de 1:2.000. É também, responsabilidade da Coordenadoria de Projetos do Paranacidade, a provisão de produtos cartográficos para os usuários e avaliar as condições de elaboração das cartas derivadas nas escalas 1:5.000 e 1:10.000. Estas cartas derivadas são resultantes do processo de generalização cartográfica.

A generalização cartográfica é um processo de abstração que procura reduzir a quantidade de informação de acordo com os objetivos específicos, sendo geral e temático. No caso em que o objetivo é de uso geral, a generalização é usada para converter os dados de uma forma legível e; no caso em que o objetivo é temático, a generalização é usada para enfatizar temas específicos (REGNAULD, 2001). A redução da escala do mapa aumenta a densidade de informações representadas, porque o espaço no mapa para a representação cartográfica não se altera, o que resulta em prejuízo da comunicação cartográfica. A generalização cartográfica bem sucedida deve reduzir a quantidade de feições, suprimir as feições menos importantes, destacar as mais importantes, preservar as características dos dados originais e possibilitar a leitura do mapa (SSC, 1977).

No que diz respeito às cartas topográficas, a manutenção da acurácia posicional é um aspecto importante a ser considerado (KEATES, 1973), uma vez que a generalização cartográfica pode ser utilizada para a produção de mapas derivados a partir de uma escala base. Quando se produz cartas topográficas a

preocupação está em representar as feições de forma que não se percam suas características e que o usuário possa entender o seu significado, em qualquer escala de visualização. Quando ocorre a generalização cartográfica, as feições podem passar por mudanças na sua representação, como por exemplo uma feição de área pode ser representada por um ponto numa escala menor, linhas paralelas se transformam numa única linha, edificações individuais passam a ser representadas por áreas construídas (MCMASTER e SHEA, 1992).

As cartas topográficas são produtos destinados a dar suporte a diversos trabalhos em que há demanda por informações precisas e acuradas da superfície terrestre. Estas são considerados documentos legais de uso geral de um país ou região, são a base de suporte para qualquer atividade, como por exemplo planejamento urbano ou uso e ocupação do solo. As cartas topográficas, sendo os mapas que compõem o mapemaneito básico, devem ser usadas como base para gerar qualquer outro tipo de mapa (KEATES, 1973).

O mapeamento em escala grande ROCHA (2002), é produzido por instituições como os serviços de cadastro, cujo principal interesse é a subdivisão e posse da terra. Os municípios têm a responsabilidade pela produção das cartas cadastrais, sendo que todas as parcelas são representadas, apresentando detalhes topográficos tais como rios, marcos de divisa de propriedade, linhas definidoras das propriedades, construções, além de informações identificadoras das propriedades (ROCHA, 2002).

Ao se produzir uma carta derivada, com uma escala menor do que a da carta original, há sempre redução de escala de visualização de dados (SSC, 1977; SESTER, 2000), e devido à redução de escala, esta nova carta poderá apresentar problemas de excesso de informação, algumas informações terão suas características imperceptíveis e poderá haver sobreposição de feições num espaço limitado. Para minimizar esses problemas, o processo de generalização cartográfica deve ser realizado de forma a garantir o restabelecimento das condições de comunicação e garantir a legibilidade das informações, uma vez que essas condições influem diretamente na comunicação das informações a serem transmitidas pelo documento cartográfico (NALINI, 2005).

Os problemas supracitados comprometem a legibilidade cartográfica e são designados de problemas de ordem geométrica que são: congestionamento, coalescência, conflito, complicação, inconsistência e imperceptibilidade. A solução

destes problemas se realiza por generalização cartográfica (MCMASTER e SHEA, 1992). Quando a redução de escala resultar em representações de feições muito próximas entre si, com a concentração de diferentes informações, tem-se o problema da condição geométrica congestionamento. Ao reduzir a escala de uma carta, os símbolos podem ser reduzidos ao ponto de se tornarem imperceptíveis e invisíveis, e neste caso tem-se o problema da condição geométrica denominada de imperceptibilidade, pois o usuário terá dificuldade em visualizar um símbolo, distinguir sua forma e seus detalhes, e identificar a feição representada. Consequentemente a carta poderá não ser corretamente interpretada e entendida, logo a comunicação cartográfica falha pelo fato de persistir em problemas de legibilidade e visibilidade das informações representadas.

Ao se tratar do aspecto do processo de generalização cartográfica, pode-se perceber que a decisão e a aplicação dos operadores de generalização são condicionadas aos problemas de representação em escala reduzida. Estas condições constituem a avaliação cartométrica, que são as medidas espaciais e holísticas, as quais indicam quando a generalização é necessária. Os problemas decorrentes da redução da escala têm consequências na leitura do mapa de dificuldade em visibilidade, de legibilidade e de interpretação (SSC, 1977; BOS, 1984).

A visibilidade e a legibilidade são os elementos que definem a qualidade da comunicação cartográfica. A legibilidade diz respeito ao quão facilmente uma carta pode ser lida e, por consequência, entendida pelo usuário (BOS, 1984). A visibilidade tem haver com se uma feição é visível para o usuário em uma carta (DAVIS, 2000). Concernente à interpretação de uma carta, isto depende de como as feições são representadas e como o usuário as entende. Nesta ordem de ideias cabe ao cartógrafo apresentar as informações seguindo os paradigmas da comunicação cartográfica e, para isto, a simbologia deve ser adequada ao fenômeno representando.

É notável que, atualmente, existem esforços dos cartógrafos no que se refere à análise e à formalização do processo de generalização, que objetiva o estabelecimento de regras consistentes, que indiquem o que deve ser feito em cada caso, mas este assunto ainda permanece como um desafio. Cada cartógrafo, devido à subjetividade que envolve as soluções de generalização cartográfica, usa seu conhecimento e experiência neste processo (VIANNA, 1997).

Uma das características da generalização manual é a subjetividade envolvida no processo, motivada pela ausência de regras. No processo manual, o cartógrafo é capaz de perceber o mapa como um todo para só então proceder com mudanças globais utilizando o processamento simultâneo de informações. Outro problema que se apresenta é que para permitir a generalização manual em ambiente digital, é necessário incorporar os conhecimentos cartográfico e geográfico do cartógrafo responsável pelo trabalho. Ainda não é possível, pelo processo automático, mapear a percepção como um todo, uma vez que o computador deve manipular as informações de uma forma sequenciada de instruções pré-estabelecidas (MCMASTER e SHEA, 1992).

Em pesquisas mais recentes sobre o processo de generalização cartográfica, como um dos exemplos, NALINI (2005) apresenta problemas de redução de escala em cartas topográficas de regiões urbanas, do Paraná na escala 1:2.000 para 1:5.000 e 1:10.000. Para solucionar estes problemas NALINI (2005) usou a seleção de feições baseada no conhecimento e experiência dos profissionais que especificam e que utilizam essas cartas, relacionando-as com as condições geométricas de MCMASTER e SHEA (1992). A seleção que NALINI (2005) usa consiste na definição de quais feições devem ser representadas na escala reduzida. Nesta, não são aplicados os operadores adequados para uma melhor representação das feições na escala derivada, e também a simbologia utilizada não é modificada ao longo desse processo, logo, as cartas derivadas existentes podem apresentar problemas de imperceptibilidade, pois os operadores de generalização não foram aplicados totalmente. Problemas na simbologia utilizada para representar feições nas escalas derivadas afetam a qualidade do produto cartográfico em grande escala e isso resulta na dificuldade de legibilidade e na comunicação das informações ao usuário, posto que não são adotados procedimentos adequados para derivação das feições, durante o processo de generalização cartográfica.

Face a esta contextualização, o problema que se apresenta e que deve ser pesquisado é: como realizar a generalização cartográfica para cartas topográficas de áreas urbanas na escala 1:10.000 derivadas da escala 1:2000? Para responder a esta questão, sugere-se uma proposição metodológica para construir cartas topográficas na escala 1:10.000, que são resultados da generalização cartográfica das cartas topográficas na escala 1:2.000. Logo, a priori, é estabelecida uma

hipótese: se o cartógrafo determinar e descrever as informações a serem mapeadas, estabelecer os critérios com os quais estas informações serão classificadas e o propósito da carta ser compatível com a escala da nova carta a ser construída (1:10.000) então a preservação da legibilidade pode ser alcançada pelo uso de operadores de generalização. Nesta pesquisa estes condicionantes da hipótese são incluídos no método aqui proposto para a realização da generalização cartográfica manual, realizada com programas computacionais.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Desenvolver uma proposição metodológica para construir cartas topográficas na escala 1:10.000, de feições culturais de áreas urbanas, pelo processo de generalização cartográfica a partir de cartas 1:2.000.

1.2.2 Específicos

- Propor as classes e subclasses de feições de áreas urbanas a serem generalizadas (generalização conceitual);
- Propor procedimentos para a avaliação cartométrica da carta do mapeamento topográfico urbano a ser generalizada;
- Propor os procedimentos de generalização cartográfica das feições;
- Aplicar a metodologia proposta com a representação cartográfica na escala 1:10.000 em uma área de estudo.

1.3 JUSTIFICATIVA

As tecnológias computacionais disponibilizadas aos profissionais ligados à cartografia vêm mudando, há décadas, não só os métodos de produção cartográfica como também a maneira com que os usuários vêem os dados cartográficos, produzidos e armazenados em meio digital, em relação aos produzidos pelos processos manuais. Estas tecnologias proporcionam maior dinamismo na produção cartográfica como consequência do aumento da velocidade, flexibilidade e volume de dados produzidos para utilização por parte dos usuários.

Também, há décadas, as instituições responsáveis pela produção cartográfica no estado do Paraná (o Paranacidade, a Companhia Paranaense de Energia – COPEL, e a Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR) vêm se deparando com a dificuldade na conversão das cartas topográficas para o meio digital decorrente da diversidade de escalas produzidas para o mapeamento topográfico do país (Brasil), gerando prazos e custos elevados (VIANNA, 1997; NALINI, 2005; CTCG, 2009). Para que o custo do processo de conversão não inviabilize produtos que necessitam de um mesmo dado cartográfico é necessário que esta conversão, bem como o armazenamento dos dados cartográficos, seja feito em uma base cartográfica única, de referência, para reduzir esforços de atualização de informação georreferenciadas, minimizando assim os custos da produção cartográfica. Também diminui-se os problemas de conversão de dados analógicos para meio digital, proporcionando assim a flexibilidade e a utilização de dados cartográficos para o público usuário (VIANNA, 1997).

Face às constatações referidas, o Governo do Estado do Paraná instituiu em 1996, a Câmara Técnica de Cartografia e Geoprocessamento – CTCG que é um grupo técnico composto por representantes das seguintes instituições: Companhia de Tecnologia da Informação e Comunicação do Paraná - CELEPAR, COPEL, Departamento de Estradas de Rodagem - DER, Fundação de Assistência aos Municípios do Estado do Paraná - FAMEPAR este foi extinto por força da lei estadual e substituído a partir de 30 de julho de 1996 pelo Serviço Social Autônomo PARANACIDADE, Instituto Ambiental do Paraná - IAP, Instituto Paranaense do Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES, Minerais do Paraná S/A - MINEROPAR e SANEPAR. Este grupo publicou duas recomendações: 1) A

Recomendação Técnica CTCG - 001/96 que trata da "Padronização das Escalas Utilizadas em Trabalhos Cartográficos" e 2) a Recomendação Técnica CTCG - 002/96 que trata da "Padronização dos Níveis das Entidades e das Convenções Cartográficas - Escalas Grandes - para Uso em Cartografia Digital".

As referidas recomendações norteiam que todas as bases cartográficas urbanas dos municípios do Paraná deveriam estar no mesmo padrão, isto é: sistema de projeção Universal Transversa de Mecator-UTM, Sistema Geodésico Brasileiro-SGB, datum horizontal SAD 69 (*South American Datum*), datum vertical marégrafo de Imbituba em Santa Catarina, arquivos digitais no formato shp e dxf, cobertura aerofotogramétrica na escala 1:8000, restituição numérica (arquivos digitais) na escala 1:2000, bibliotecas de símbolos que é utilizada para representar as convenções nas bases cartográficas urbanas digitais nas escalas 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000 – Tabela da CTCG de categorias das feições cartográficas.

As cartas nas escalas 1:5.000 e 1:10.000 são resultados da derivação das cartas na escala 1:2.000. A redução de escala causa a diminuição do nível de detalhamento das feições e pode criar imperceptibilidade de símbolos, caso não sejam cumpridos os procedimentos adequados. No mapeamento topográfico dos estados do Brasil é comum a derivação das escalas a partir das cartas em maior escala. Com isso, é recomendável seguir as normas do mapeamento topográfico básico de forma a manter as condições de legibilidade das feições na carta. Para isso, todas as fases da elaboração da carta devem ser claramente descritas no projeto da carta, seguindo as normas básicas do mapeamento topográfico brasileiro, levando em consideração os propósitos do mapeamento.

O estabelecimento de princípios cartográficos e comprovações científicas de como construir cartas topográficas em escala grande através de critérios de legibilidade e parâmetros cartográficos estabelecidos por instituições de direito, contribui para minimizar a ambiguidade tanto na produção como na interpretação das cartas e facilita a legibilidade das informações cartográficas.

Os dados das cartas derivadas digitais podem facilitar aos usuários cartógrafos e não cartógrafos a disponibilidade e o acesso aos dados geoespaciais, permitindo que os usuários possam desenvolver planos urbanísticos e procederem com suas análises espaciais a partir de um conjunto de dados derivados. Além disso, as cartas derivadas podem ser diretamente atualizadas das cartas em escala básica, assim as mudanças que ocorrem no espaço físico, como por exemplo uma

alteração no registro de imóveis pode ser diretamente lançada na carta cadastral, isto é, na carta derivada. As cartas derivadas assumem um papel fundamental, que é o de compor uma base cartográfica de referência com mapas nas diferentes escalas do mapeamento sistemático topográfico, que é fundamental para as análises espaciais realizadas em diferentes situações e aplicações.

Nesta ótica, pretende-se abordar a proposição da metodologia para a construção de cartas topográficas na escala 1:10.000 derivada da escala 1:2.000 baseando-se nas análises das características dos problemas de representação na escala reduzida. O trabalho é constituído por cinco capítulos:

- Introdução: com a problematização, o problema, a hipótese, os objetivos e a justificativa.
- A fundamentação teórica: com a generalização cartográfica, a generalização manual e em ambiente digital e os modelos conceituais de generalização.
 - A metodologia.
 - Os resultados e discussões.
 - A conclusão e recomendações.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

Uma carta topográfica para o IBGE, é um documento elaborado por restituição fotogramétrica ou compilação cartográfica, neste caso a partir de outras cartas em escalas maiores, seguindo as normas do mapeamento sistemático topográfico. A elaboração segue as normas estabelecidas para garantir a precisão e posicionamento de feições representadas.

A definição de cartas topográficas é apresentada por KEATES (1973), na qual o autor usa o termo topografia como sendo “todas as feições identificáveis na superfície da terra, tanto naturais assim como artificiais, nas quais é possível estabelecer uma posição específica, da feição em relação à superfície topográfica”.

As cartas topográficas atendem às diversas aplicações que visam, principalmente, o apoio às decisões nas áreas econômica, social e política, por exemplo, o planejamento de projetos públicos urbanos e gestão territorial. Além destas aplicações, as cartas topográficas servem de base de referência para o traçado de temas como: uso e cobertura do solo, geologia, , navegação, climatologia.

Para Robinson (1995), as representações das informações cartográficas que constituem o mapeamento topográfico em grande escala são 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000 1:1.000 e 1:500, possuem conteúdos de informações tanto naturais quanto artificiais referentes as regiões urbanas e rurais usadas para propósitos urbanos. O mesmo raciocínio é realizado por MCLENNAN (1971), ao afirmar que a maioria das cartas em grandes escalas são usadas para propósitos de projetos de engenharia por possuírem alta acurácia relativamente às feições mapeadas, e em muitos casos tem a validade de documentos legais. Estas cartas são a base para determinação de limites, atuações fiscais, transferência de propriedades e outras funções que requerem alta precisão posicional. Na FIGURA 1 está representado um recorte de uma carta topográfica na escala 1:5.000, produzida pela SSC (2002).

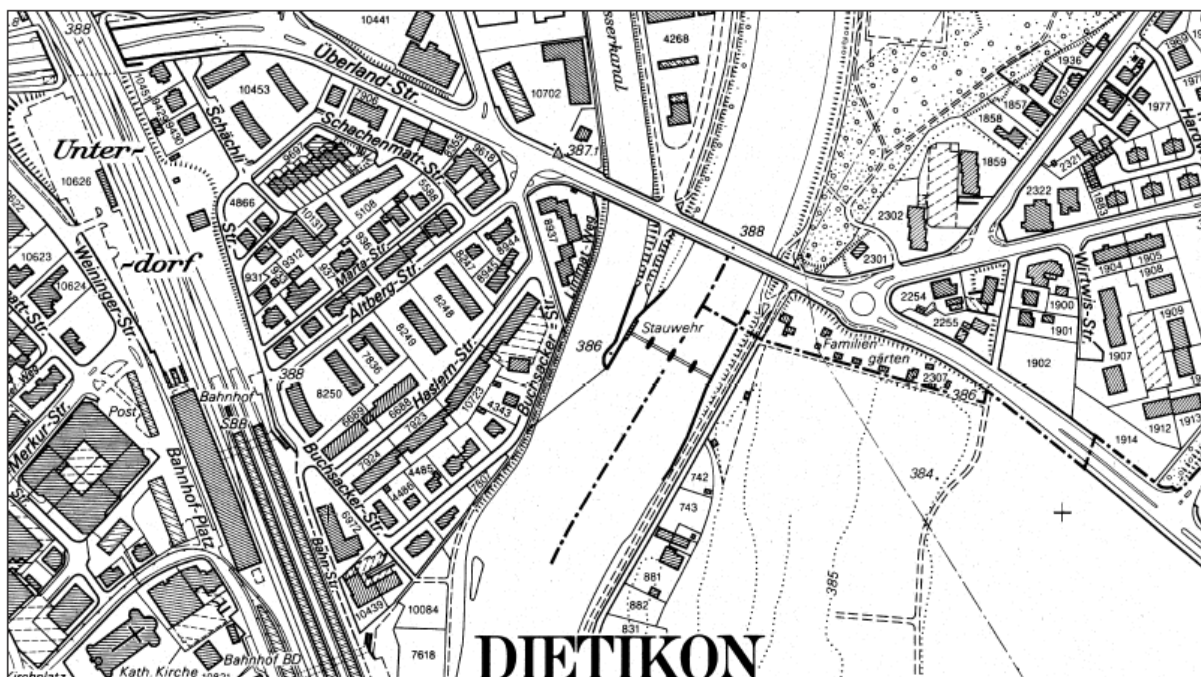


FIGURA 1 PARTE DE UMA CARTA TOPOGRÁFICA NA ESCALA 1:5.000
FONTE: SSC (2002)

A FIGURA 1 representa uma carta topográfica na escala 1:5.000, por isso deve servir a múltiplos propósitos. Pode-se identificar facilmente a rede viária, representação completa e diferenciada das edificações, a rede hidrográfica, alguns topônimos: nomes de cidades, de vilas, de vias entre outras que possam auxiliar a interpretação da carta ao usuário.

A partir da escala base são derivadas cartas em escalas menores. Nas escalas menores são aplicados os procedimentos de generalização cartográfica e ocorre a adequação da simbologia ao nível de visualização permitido pela escala menor. A FIGURA 2 representa a derivação de uma carta na escala 1:25.000. Nesta Figura, as edificações individuais foram agregadas para formar áreas construídas, pois não aparecem mais as linhas entre edificações vizinhas. Nesta escala, as informações de propriedades individuais não estão representadas.

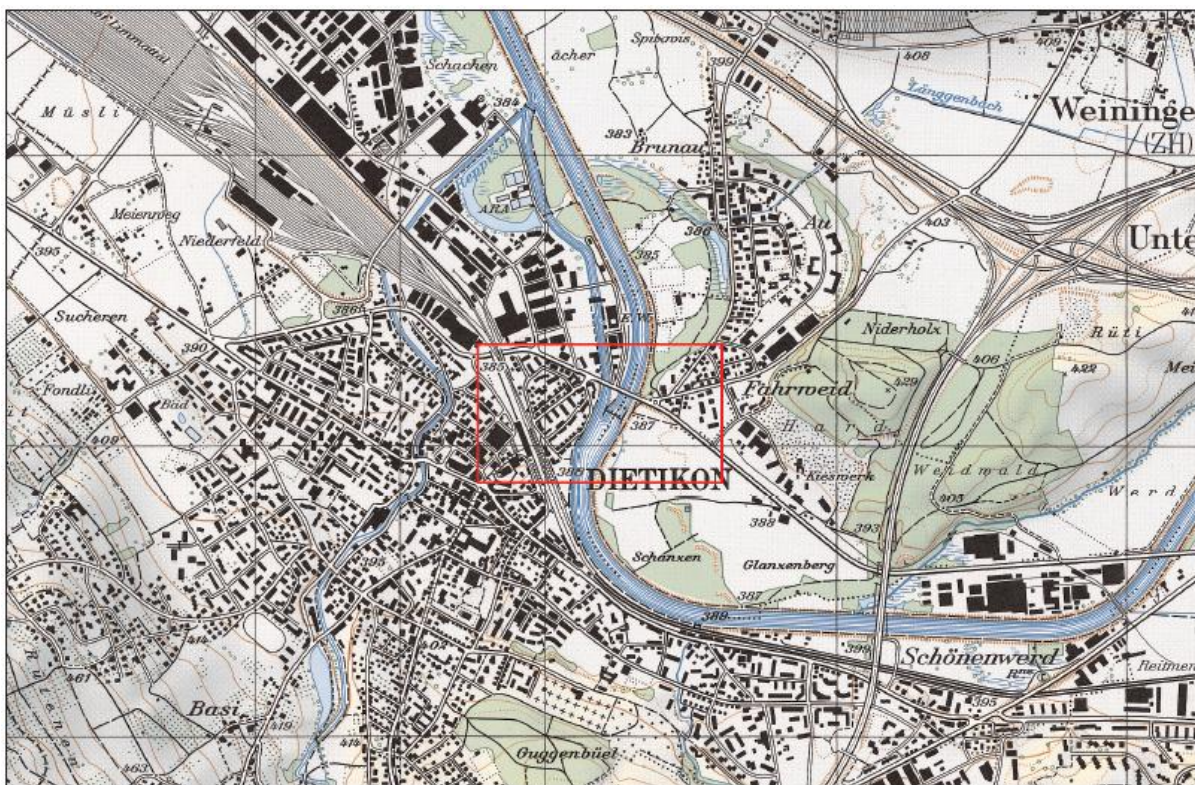


FIGURA 2 PARTE DE UMA CARTA TOPOGRÁFICA NA ESCALA 1:25.000
FONTE: SSC (2002)

A SSC (2002) produz cartas topográficas nas escalas 1:5.000 e 1:10.000 e são consideradas escalas bases para a produção de cartas nas escalas 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:200.000, 1:500.000 e 1:1.000.000, sendo que os conteúdos e os propósitos das mesmas variam de uma escala para outra. Por isso, as informações a ser representadas nas cartas são mais generalizadas quanto mais se reduz a escala, assim tornam-se diferentes os propósitos dos usuários que elas podem atender.

São produzidos diferentes tipos de cartas topográficas na Grã-Bretanha, para propósitos gerais e específicos. As cartas são agrupadas convencionalmente em duas categorias (*Os MasterMap* e *Os Sitemap*) e em ambos são encontrados exemplos de tipos de cartas topográficas e temáticas (ORDNANCE SURVEY, 2010).

Os MasterMap são mapas produzidos por agências oficiais, instituições do governo entre outras, e *Os Sitemap* são mapas topográficos produzidos por empresas de mapeamento comercial. Segundo Ordnance Survey (2010), as cartas produzidas por terceiros na Grã-Bretanha dependem da sua base de dados de pesquisas. Foi desenvolvida na Grã-Bretanha uma iniciativa de âmbito nacional

designada *OS MasterMap*. Esta é uma ferramenta de gestão para o referenciamento de informações geográficas. É composta por camadas distintas, mas complementares, que fornecem detalhes sobre informações referentes à divisão administrativa, endereços, imagens aéreas e rede viária, assim como as demais feições localizadas sobre a superfície nacional, e todas elas com simbologia padronizada (ORDNANCE SURVEY, 2010).

Os *Sitemap* tem uma cobertura visando o mapeamento topográfico em escala grande, e por isso fornece uma visão detalhada e contínua das feições topográficas da Grã-Bretanha nas escalas 1:1.250, 1:2.500 e 1:10.000 (ORDNANCE SURVEY, 2010).

O Instituto Nacional de Geografia (IGN) é uma instituição da França responsável pela produção cartográfica topográfica nas escalas 1:20.000, 1:25.000, 1:50.000 e 1:5.000.000. O mapeamento em grande escala, isto é, nas escalas 1:1.000 e 1:5.000 é produzido por instituições de serviços de cadastro, cujo principal interesse é o planejamento urbano (IGN, 2010).

Na Alemanha, o mapeamento básico topográfico cobre todo território nacional na escala 1:5.000 na série denominada DK-5. A elaboração das cartas DK-5 seguem o padrão nacional único do país. As cartas apresentam toda a topografia mapeada na base de dados analógicos para todo território, e digitais para alguns estados e municípios. Cabe aos municípios a responsabilidade de produzir e manter as cartas atualizadas através do processo de generalização cartográfica nas escalas 1:2.500 e 1:500 para propósitos cadastrais urbanos (ROCHA, 2002).

Pesquisas de vários autores, tais como MCMASTER e SHEA (1992), ISSMAEL (2003), D'ALGE (2007) têm dedicado a maior parte das suas contribuições ao estudo da generalização cartográfica. Para que as informações representadas em cartas derivadas sejam legíveis é necessário ir além do paradigma de séries de cartas tradicionais em papel, auxiliando a sua produção em tecnologias disponibilizadas atualmente.

As razões de se aplicar a generalização cartográfica está no fato de que a representação cartográfica deve ser adequada às necessidades do usuário, portanto, nem tudo o que existe numa carta em determinada escala deve ser representado na escala menor. É parte do processo cartográfico em que se realizam as transformações nas feições para que com a redução de escala não se afete a legibilidade da carta. Desse modo, procura-se reduzir a complexidade nas cartas,

manter a representação dentro dos limites de acuracidade espacial e a hierarquia semântica, e utilizar uma simbologia adequada (SLOCUM, 2009).

João (1998) aborda que generalização é uma característica inerente a todo dado geográfico. Todos os mapas, tanto os digitais como os analógicos, são representações generalizadas da realidade. A generalização denota um processo pelo qual a presença do fenômeno ou evento em um determinado espaço é essencialmente reduzido e modificado em relação ao tamanho, forma e número, dentro do espaço da carta. Para Dent (1985), a generalização cartográfica permite uma visualização dos dados geográficos, se o espaço reservado para sua representação se tornar escasso, ou se a complexidade dos dados introduzir dificuldades na interpretação dos símbolos, comprometendo a precisão espacial, precisão dos atributos, estética e hierarquia lógica da informação.

Generalização cartográfica, para Keates (1989), é um processo de abstração da informação que depende da escala, pois determina o espaço disponível para a representação das feições na carta. A seleção das informações importantes em uma base de dados deve resultar em uma representação clara e informativa do fenômeno geográfico. A redução de escala é acompanhada pela redução dos detalhes de representação de feições individuais, e ao mesmo tempo de exagero ou realce dessas feições para torná-las distinguíveis.

Para Kraak *et al* (2010), a generalização realizada de maneira apropriada resultará em uma mensagem espacial que é compreendida pelo leitor. Por outro lado, generalização excessiva pode resultar em representações cartográficas que contêm poucas informações úteis e que não transferem o conhecimento aos usuários.

O processo da generalização requer a seleção das feições que são essenciais à finalidade e à representação do mapa numa forma legível, desobstruída e informativa. A generalização é um procedimento dependente da escala, mais precisamente da razão entre as escalas envolvidas, escala do mapa fonte e mapa resultante. Quanto maior for a razão entre as escalas maior a necessidade de generalização das feições representadas no mapa (NALINI, 2005).

No concernente à SSC (1977), generalização cartográfica requer um profundo conhecimento da essência e função da carta. Como consequência há a necessidade de se definir o propósito específico da carta, a extensão do conteúdo

de suas informações e também de se conhecer as necessidades do usuário. A generalização cartográfica depende de alguns fatores, tais como:

- A origem do material fonte;
- A escala que determina o tamanho do objeto sobre a carta e consequentemente o seu grau de generalização;
- As condições especiais de legibilidade, que estão diretamente relacionadas à iluminação ambiente durante a leitura da carta;
- A especificação de símbolos, definida no início do desenvolvimento do projeto da carta, que é influenciada pelo grau de generalização;
- A escolha das cores adequadas em relação ao tamanho dos símbolos e do meio de visualização; e
- A revisão posterior de forma cautelosa, de modo a evitar, durante o processo de generalização, a exclusão de elementos importantes ao propósito da carta (SSC, 1977).

McMaster e Shea (1992) definem a generalização cartográfica como o processo de derivar um conjunto de dados cartográficos simbolicamente ou digitalmente codificados, pela aplicação de transformações espaciais e de atributos a uma fonte de dados. Esse conceito é realizado com base em operações de transformações que manipulam a geometria e a semântica dos objetos:

A generalização geográfica é o processo que envolve a manipulação geométrica das informações espaciais dos objetos, considerando a estrutura de dados utilizada, ou seja, está ligada às transformações espaciais, que tratam de operadores geométricos, ou ainda aqueles operadores que realizam mudanças a partir de perspectiva geográfica e topológica. Enfocam-se primeiramente os aspectos posicionais (MCMASTER e SHEA, 1992).

A generalização estatística envolve os processos de manipulação das informações conceituais dos objetos, ou seja, está ligada às transformações de atributo, que tratam de operadores semânticos, ou ainda aqueles que realizam a mudança nos atributos semânticos ou conceituais dos objetos (MCMASTER e SHEA, 1992).

Jones (1997) identifica dois tipos principais de generalização: generalização semântica baseada na definição inicial de classes de feições que serão representadas no mapa está ligada aos atributos das feições e à nova legenda, e

generalização geométrica baseada na manipulação das características gráficas das feições que foram definidas na generalização semântica. Kraak *et al* (2010) refere-se à generalização geométrica como generalização gráfica porque caracteriza operações que afetam e alteram a representação geográfica e topológica dos dados, e a generalização conceitual altera os atributos dos dados, e consequentemente a mudança da simbologia e, com isso, pode gerar outra legenda na carta.

Para Dent (1985), a operacionalização do processo de generalização cartográfica e o seu desenvolvimento podem ser feitos tanto manualmente como em ambiente digital. A generalização cartográfica manual pode ser executada em ambiente analógico e ambiente digital. Em ambiente analógico os processos são realizados de forma totalmente manual. Em ambiente digital ainda não se tem uma metodologia universal, concreta, porém estudos nesse âmbito vêm sendo desenvolvidos. O que existe em ambiente digital é a associação de procedimentos manuais e automatizados (POMBO, 2011). A TABELA 1 mostra o resumo do processo de generalização cartográfica manual e digital.

TABELA 1 RESUMO DO PROCESSO DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

Processo de generalização		Características	Procedimentos
Manual	Ambiente analógico	Realizadas em mapas em papel	Totalmente manuais
	Ambiente digital	Realizada através da vetorização de mapas	Transformações manuais
Digital	Semi-automática	Intervenção do profissional para a tomada de decisão	Implementado através de códigos
	Automática	Sem intervenção do profissional para a tomada de decisão	Implementação sem intervenção do operador

FONTE: Adaptado de Issmael (2003)

2.1.1 Generalização manual

Autores como ROBINSON *et al* (1995), DENT (1985), KEATES (1973) e MONMONIER (1991) apresentam a falta de padronização para a conceituação do processo de generalização cartográfica. Mesmo assim, é possível chegar a uma aproximação da formalização do processo manual de generalização, importante para a continuidade dos estudos de pesquisa para a construção de cartas topográficas de regiões urbanas.

A redução de escala leva o cartógrafo a aplicar sua experiência e seu conhecimento geográfico acerca das feições presentes no mapa original, bem como dos relacionamentos de hierarquia e interdependência, e a determinar quais feições e como estas serão representadas na nova escala e, por fim realizar as modificações manualmente (SSC, 1977). A operação de generalização manual de cartas topográficas é tarefa de tamanha complexidade que pode ser expressa com a frase atribuída a E. von Sydow *“Somente Ele, que tem domínio sobre a matéria e pode fazer com as mãos o que a mente deseja, está habilitado a generalizar de forma correta”* (SSC, 1977). As atividades de planejamento, de reunião da documentação e da informação de interesse à elaboração da carta, determinam as operações executadas no processo de generalização cartográfica.

O processo de generalização leva-nos a, com uma simples visualização das imagens ou feições, ver as que são essenciais e importantes para permanecer na mente dos usuários da carta. A menos que a simplicidade na representação seja alcançada, a carta será provavelmente desordenada e com detalhes desnecessários. A generalização cartográfica bem sucedida resultará em uma comunicação cartográfica eficiente. Por outro lado a generalização excessiva pode prejudicar a imagem do mapa por conter pouca informação útil e, portanto, pode não haver a construção de conhecimento necessário ao usuário (DENT, 1999).

A primeira operação do processo manual de generalização cartográfica, considerada como importante no processo de generalização, é a seleção. Esta operação determinará quais feições devem ser representadas na carta generalizada, isto é, a operação de seleção compreende a escolha das feições que vão compor o mapa de acordo com sua escala e seu propósito. Esta operação não modifica diretamente cada feição do mapa, mas é possível considera-la como a etapa básica

para o processo, uma vez que sem ela as demais operações não se justificam (MONMONIER, 1991).

Depois, segue o processo de classificação, com o qual as feições selecionadas serão agrupadas em classes de feições que partilham as mesmas características. Este processo é usado para um propósito específico com base numa condição específica, e normalmente envolve o agrupamento de valores de dados. A classificação é necessária quando há a impraticabilidade de representação de cada valor individual (FIGURA 3). O processo auxilia a reduzir o número de feições individuais a representar, e reduz a complexidade de uma carta (MONMONIER, 1991; MCMASTER e SHEA, 1992).

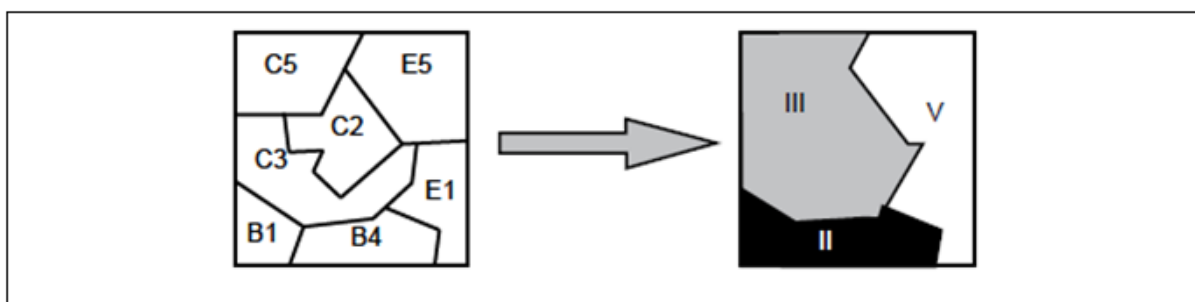


FIGURA 3 CLASSIFICAÇÃO
FONTE: ESRI (1996)

No processo manual de generalização cartográfica, em uma única operação é realizada a eliminação de detalhes desnecessários à escala da carta, bem como a suavização desta mesma feição, preservando a sua forma inicial. Esta operação é denominada simplificação, sendo aplicada aos elementos dos tipos linha e área. O operador permite a redução do número de pontos originais da linha, sem modificar o posicionamento original dos pontos mantidos e visa produzir uma aparência semelhante ao original, embora mais simples, como pode ser observado na FIGURA 4 (MONMONIER, 1991; MCMASTER e SHEA, 1992).

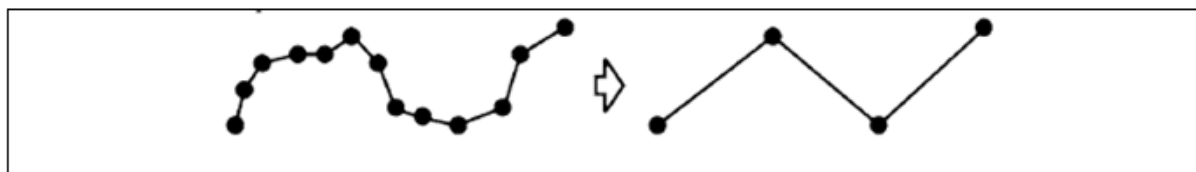


FIGURA 4 SIMPLIFICAÇÃO
FONTE: Monmonier (1991)

O deslocamento é uma operação que surge da necessidade de se representar um determinado conjunto de feições e o espaço a ele destinado na carta é limitado. Esta operação é aplicada normalmente quando a escala da carta é reduzida em relação à escala original, onde algumas feições aparecem coladas ou sobrepostas devido à aproximação excessiva. Neste caso, levando em consideração o propósito e o objetivo da carta, realiza-se o deslocamento. Esta operação é aplicada às feições dos tipos pontos, linhas e áreas (FIGURA 5) (MONMONIER, 1991; MCMASTER e SHEA, 1992).

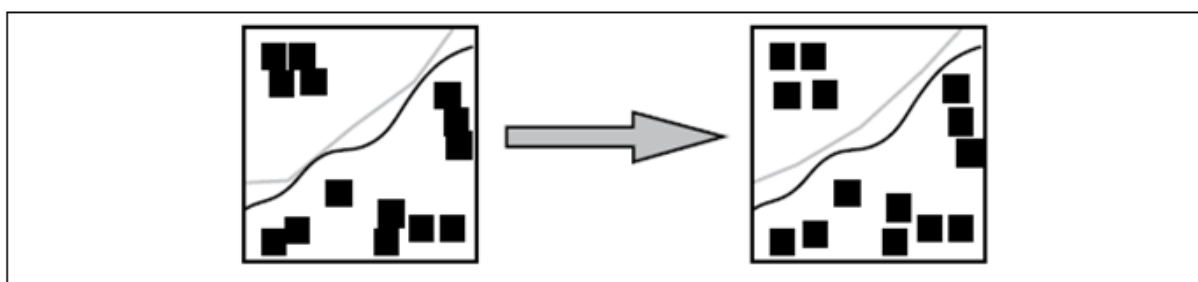


FIGURA 5 DESLOCAMENTO
FONTE: ESRI (1996)

Para as feições do tipo ponto, existem três outras operações que se destacam: tipificação, conversão em área e associação gráfica. A primeira delas se confunde com o que foi considerado seleção, uma vez que também elimina feições. A diferença é que a seleção leva em consideração a carta como um todo e, esta operação, que é denominada de tipificação, considera uma determinada área onde a densidade de mesmas feições é alta. A tipificação é executada para manter a característica da área pela redução da densidade de feições. A segunda operação, distinta para as feições do tipo ponto, é a conversão em área que consiste em reunir um conjunto de feições pontuais em um única feição do tipo área, dando destaque ao conjunto de ocorrências. A terceira operação é a associação gráfica, que consiste em associar uma informação textual ou atribuir a mesma toponímia a várias feições (MONMONIER, 1991).

Para as feições do tipo área, quatro outras operações são identificadas: união, dissolução, conversão em ponto e conversão em linha. A união é a primeira operação onde pequenas feições são unidas formando uma feição maior, todas da mesma classe, destacando uma característica importante ao propósito da carta (FIGURA 6). A dissolução é a segunda operação destacada para áreas e é oposta à

operação de união, na qual pequenas feições a serem representadas, embora não sendo da mesma classe, tem seu contorno eliminado e incorporado por uma feição mais abrangente (FIGURA 7). A conversão em ponto é a operação de identificar e representar, através de um ponto, elementos importantes para o propósito da carta mas, cuja a representação como área não é possível devido a escala. A mesma definição é aplicada à operação de conversão em linha, sendo que a diferença está no tipo de dado final, que neste caso, será uma linha (MONMONIER, 1991).

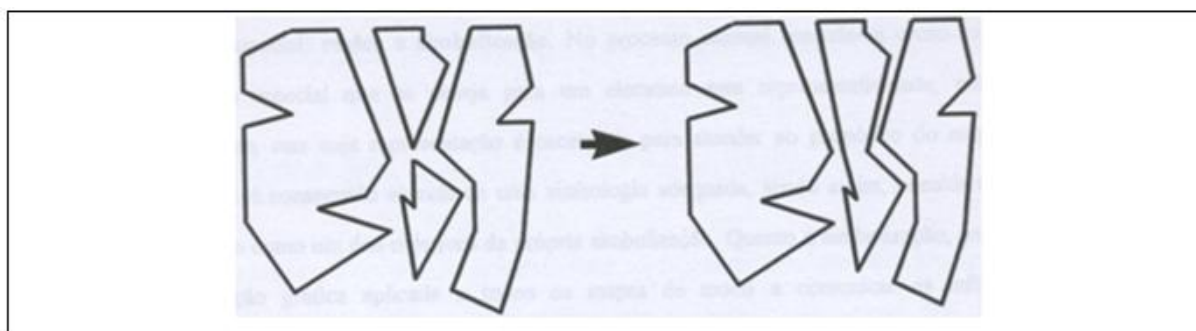


FIGURA 6 UNIÃO DE FEIÇÕES DO TIPO ÁREA
FONTE: Vianna (1997)

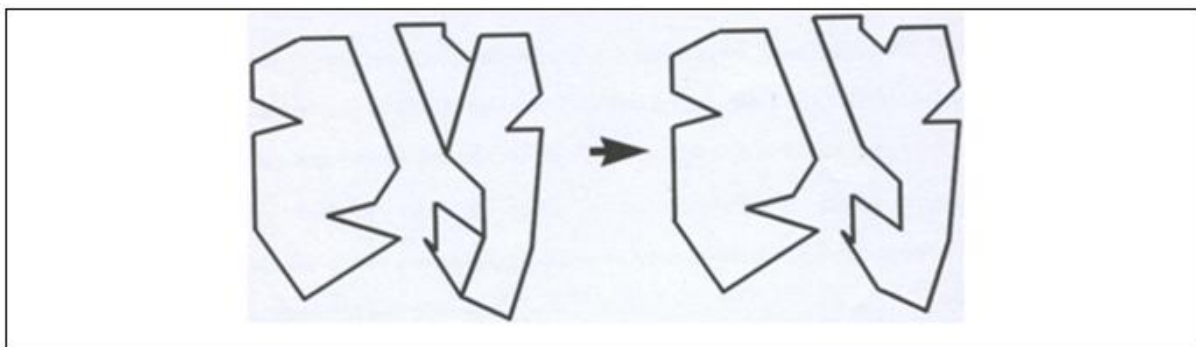


FIGURA 7 DISSOLUÇÃO DE FEIÇÕES DO TIPO ÁREA
FONTE: Vianna (1997)

No processo manual de generalização, duas operações merecem uma análise especial: realce e simbolização. O realce é o operador em que as formas e o tamanho do objeto são enfatizados e alterados, visando atender os requisitos específicos da carta e torná-la adequada à visualização em escalas menores, ou seja, modificação da dimensão do símbolo de modo a torna-lo visível e evidente, tal como é esperado de um elemento importante da representação cartográfica (FIGURA 8).

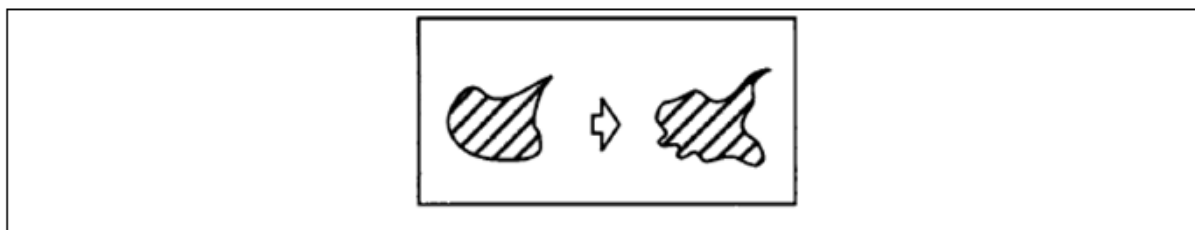


FIGURA 8 REALCE
FONTE: Monmonier (1991)

A simbolização é o operador que é responsável por representar as feições do mundo real como objetos gráficos (símbolos) em uma carta, e tornar as representações significativas, de acordo com o propósito e escala da carta. (FIGURA 9).

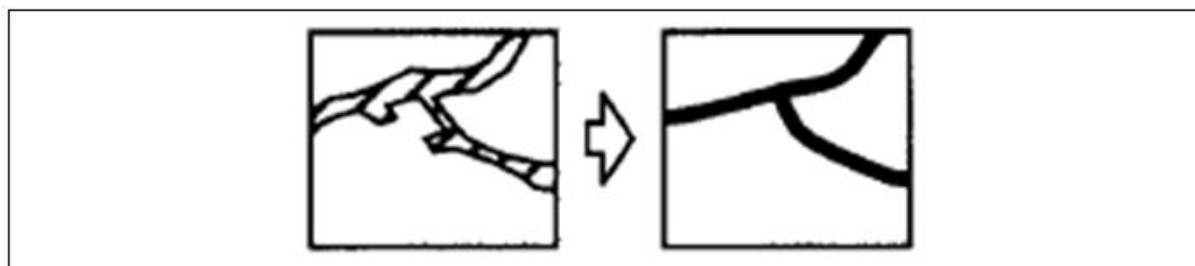


FIGURA 9 SIMBOLIZAÇÃO
FONTE: Monmonier (1991)

As duas operações ocorrem quando se deseja dar um destaque especial a uma feição sem representatividade pelas suas dimensões, mas cuja representação é necessária para atender ao propósito da carta. Esse destaque é alcançado por meio de uma adequação de simbologia, sendo assim, consideram-se estas operações como um dos objetivos da própria simbolização (MONMONIER, 1991).

Da abordagem feita acima, pode-se assegurar que o processo de generalização manual tem uma característica subjetiva envolvida no seu processo que é motivada principalmente pela ausência de regras. Nesse caso, o cartógrafo responsável pelo trabalho é capaz de perceber o mapa como um todo. Pode-se dizer ainda que a generalização manual é realizada pela manipulação das feições (pontos, linhas e áreas). Portanto, para realizar a generalização manual em ambiente digital, o cartógrafo tem que incorporar seus conhecimentos cartográficos e geográficos para alcançar a legibilidade esperada para a carta a construir.

2.1.2 Generalização em ambiente digital

Os cartógrafos executam a generalização cartográfica para melhorar a legibilidade das cartas, em diferentes escalas, e a carta final é o resultado de um processo em que as interações e visualizações das feições geográficas são avaliadas continuamente. Como isto é uma tarefa que requer conhecimento sobre a construção de cartas, experiência e percepção do domínio no qual a carta será usada, é difícil traduzir este conhecimento às regras rígidas que seriam a base da automatização do processo de generalização. O campo da generalização cartográfica é uma área de pesquisa bastante complexa, e apesar dos vários estudos e modelos criados, ainda não foi completamente esclarecido, principalmente quando se aborda a questão da sua utilização em Sistemas de Informações Geográficas - SIG. Com a evolução das tecnologias, a generalização se tornou uma componente indispensável nos SIGs atuais onde, para se implementar as regras e passos, o desafio é desenvolver algoritmos que imitem a visão, decisão, e ação humana (VIANNA, 1997; FIRKOWSKI, 2002).

O processo de generalização nos sistemas de informação geográfica - SIG teve início com o desenvolvimento de algoritmos, com propósito à automatização dos processos de produção cartográfica. Segundo Firkowski (2002), os SIG caracterizam-se por oferecer flexibilidade e grande poder de velocidade e manipulação dos dados, nos quais estão expressas todas as operações necessárias para a geração de produtos cartográficos que atendem os propósitos desejados.

João (1998) afirma que cada operador é tratado como um algoritmo computacional de generalização, e que é usado para implementar uma transformação particular. Para automatizar o processo de produção cartográfica, em SIG, é necessário dividi-lo em etapas pré-estabelecidas para facilitar a sua execução. A automatização do processo foi marcada pelo desenvolvimento de algoritmos para automatizar operações de generalização de linhas, mas atualmente algoritmos computacionais realizam vários tipos de transformações (pontuais, lineares, de área e de volume) (VIANNA, 1997; REGNAULD, 2001).

A maior parte da informação presente em qualquer carta digital consiste em linhas (MCMASTER e SHEA, 1992). Por isso, a generalização de linhas tem sido o aspecto discutido em estudos sobre o desenvolvimento de soluções para

generalização cartográfica em SIG. Os mesmos autores dizem que pela forma como os dados se apresentam numa base cartográfica digital, diversos algoritmos podem ser desenvolvidos para generalização, como por exemplo, a eliminação de dados não necessários, levando em consideração a necessidade de estudos que verifiquem a eficiência dos algoritmos. Estes estudos são importantes, pois orientam a escolha e a utilização do algoritmo que melhor se adapta à escala e ao propósito desejados. Para o desenvolvimento desses algoritmos foram consideradas tarefas específicas como simplificação e suavização (MCMASTER e SHEA, 1992).

Nos SIG o processo de generalização deve ser entendido como a seleção e a representação simplificada de feições através de transformações espaciais e de atributos. Estas operações se processam diretamente na construção e na derivação da base de dados digitais (SANTO, 2007).

Davis (2000) diz que a generalização em SIG não é tratada somente como tarefa cartográfica. Atualmente, os cartógrafos trabalham com dois tipos de informação: o banco de dados geográficos e as cartas derivadas deste banco de dados. A partir disso foram criados dois termos para distinguir os tipos de generalização digital: generalização do banco de dados geográficos (generalização semântica), que é a tarefa de extrair informações de um dado fonte existente, isto é, da base de dados original e criar novos bancos de dados ou dados com uma menor quantidade de detalhes para análise ou aplicação em escala reduzida; e a generalização cartográfica (generalização geométrica), que é a produção de produtos gráficos ou visualização do banco de dados, como cartas ou exibição em tela do computador, normalmente utilizando, também uma escala reduzida.

Embora ambos trabalhem com a redução da complexidade dos dados e esta redução da complexidade deve levar em conta certa lógica que não compromete a precisão e a exatidão dos atributos dos dados, a generalização do banco de dados focaliza mais no conteúdo e precisão dos dados derivados, enquanto que a generalização cartográfica se preocupa mais com a questão de resolução da carta, conflito de símbolos, qualidade visual e legibilidade (D'ALGE, 2007).

Na tentativa de automatizar todo processo de generalização, quanto à definição de regras e procedimentos utilizados, foi efetivado um fórum internacional para discussões e resoluções sobre a formalização do conhecimento cartográfico e a automatização do processo de generalização. Os progressos de trabalhos em generalização cartográfica são apresentados na Associação Cartográfica

Internacional – ICA. Neste grupo de trabalho da ICA são realizados seminários a cada dois anos. Estes progressos são avaliados pela comunidade cartográfica e os trabalhos apresentados estão disponíveis e relatados num dos sítios da sociedade (<http://www.geo.unizh.ch/ICA/index.html>), e recentemente foi realizado um seminário, em Dresden (Alemanha), em agosto de 2013.

No Brasil, e nesta pesquisa, foram identificados sete trabalhos acadêmicos que abordam matérias sobre generalização cartográfica sendo: 1) “Generalização cartográfica em ambiente digital escala 1:250.000 a partir de dados cartográficos digitais na escala 1:50.000”, dissertação realizada no Departamento de Engenharia Cartográfica, Instituto Militar de Engenharia (VIANNA, 1997), que trata do estabelecimento de uma classificação de feições cartográficas que deverão constar na carta na escala 1:250.000; 2) “Proposta metodológica para uma transição de escala assistida por computador”, que é uma dissertação realizada no Departamento de Transportes da Universidade de São Paulo (BERNARD, 1998), e que trata da generalização automática de linhas e generalização manual, em ambiente computacional, dos outros elementos cartográficos; 3) a tese de doutorado em Ciências Geodésicas, “Generalização cartográfica de grades retangulares regulares baseada na teoria matemática da comunicação”, realizada na Universidade Federal do Paraná (FIRKOWSKI, 2002), que aplica a teoria da comunicação ao problema de generalização da representação da superfície topográfica por meio de Modelo Digital do Terreno (MDT) representado por grade retangular; 4) a dissertação de mestrado em Engenharia Cartográfica realizada no Departamento de Engenharia Cartográfica, Instituto Militar de Engenharia, “Generalização cartográfica: Determinação de operadores e de escalas catastróficas” (ISSMAEL, 2003), que aborda assuntos referentes à área de generalização no que diz respeito aos conceitos e terminologias, os operadores de generalização, a modelagem do processo e as catástrofes cartográficas; 5) a dissertação de mestrado em Ciências Geodésicas, “Avaliação cartométrica da base cartográfica digital adequada à gestão urbana derivada por generalização cartográfica a partir da escala de origem 1:2.000”, realizada na Universidade Federal do Paraná (NALINI, 2005), em que se avalia as informações das bases cartográficas derivadas na escala 1:5000, que na avaliação cartométrica foram identificadas somente as condições geométricas de áreas urbanas com a finalidade de restituir suas condições de legibilidade; 6) a dissertação de mestrado em Ciências Geodésicas, “Estudo da simbologia para

cartas nas escalas 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000 de mapeamento urbano do Paranacidade e generalização cartográfica”, realizada na Universidade Federal do Paraná (TAURA, 2007), que propõe a representação de feições urbanas com aplicação de generalização, na qual o experimento baseou-se no teste de percepção com utilização de símbolos apresentados pela Sociedade Suíça de Cartografia e 7) a tese de doutorado do Departamento de Engenharia de Transportes, Generalização cartográfica em sistemas de informação geográfica: “Aplicação aos mapas de vegetação da Amazônia Brasileira”, realizada na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (D’ALGE, 2007), que discute o papel da generalização no âmbito de sistemas de informação geográfica (SIG), notadamente no que diz respeito a mapas temáticos em escalas intermediárias.

Todas estas pesquisas sobre generalização cartográfica têm um propósito comum que é garantir a legibilidade cartográfica de cartas derivadas através da redução da complexidade de dados por transformações nas representações.

2.2 MODELOS CONCEITUAIS DA GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

Para a SSC (2002), modelos são descrições simplificadas ou representações de certos fenômenos do mundo real. Eles são criados para certo propósito e consistem essencialmente de um processo de generalização. O estabelecimento de modelos conceituais sempre é o ponto de partida para a automatização. A automatização de processos deve decorrer dentro de um conjunto de possibilidades previstas num modelo conceitual (SSC, 2002).

As pesquisas cartográficas estão voltadas para a identificação dos aspectos relevantes ao processo de generalização cartográfica que determinam soluções mais abrangentes proporcionando uma visão global do problema. Com esta visão do problema, foram propostos modelos para o processo de generalização cartográfica em meio digital, que serviram de base para o entendimento dos diversos aspectos do processo, possibilitando a definição das etapas envolvidas (VIANNA, 1997).

McMaster e Shea (1992) criaram um modelo conceitual, onde os autores modelam os fatores relacionados ao processo de generalização. A preocupação dos mesmos não é conceituar modelos gerados, mas sim realizar uma reflexão sobre o

que está envolvido em um processo de generalização. Um dos primeiros modelos propostos para o processo de generalização cartográfica, não motivado pela necessidade de automatização do processo, foi de Lech Ratajski, em seu trabalho intitulado, "*Phenomenes des points de generalisation*" (RATAJSKI, 1967 citado por MCMASTER e SHEA, 1992). Neste modelo são identificados dois tipos de processos: os processos quantitativos e os processos qualitativos:

a) Processos quantitativos dizem respeito à redução gradual da carta, que é dependente da redução da escala, na qual as feições também são reduzidas para aumentar a legibilidade da carta; e b) Processos qualitativos consistem na transformação das formas mais elementares em mais gerais, resultando em uma nova simbolização.

A componente principal deste modelo é o ponto de generalização, isto é, o ponto de redução de escala onde a capacidade da comunicação da carta diminui a um nível onde se faz necessária uma mudança de representação da feição. Tomando como exemplo, cartas topográficas em escala grande de regiões urbanas onde as feições de edificações residenciais na escala de 1:2.000 aparecem de forma individual e com a redução de escala para 1:10 000 passam a ser representadas por símbolos de área, representando área de edificações residenciais como "área construída" (FIGURA 10).

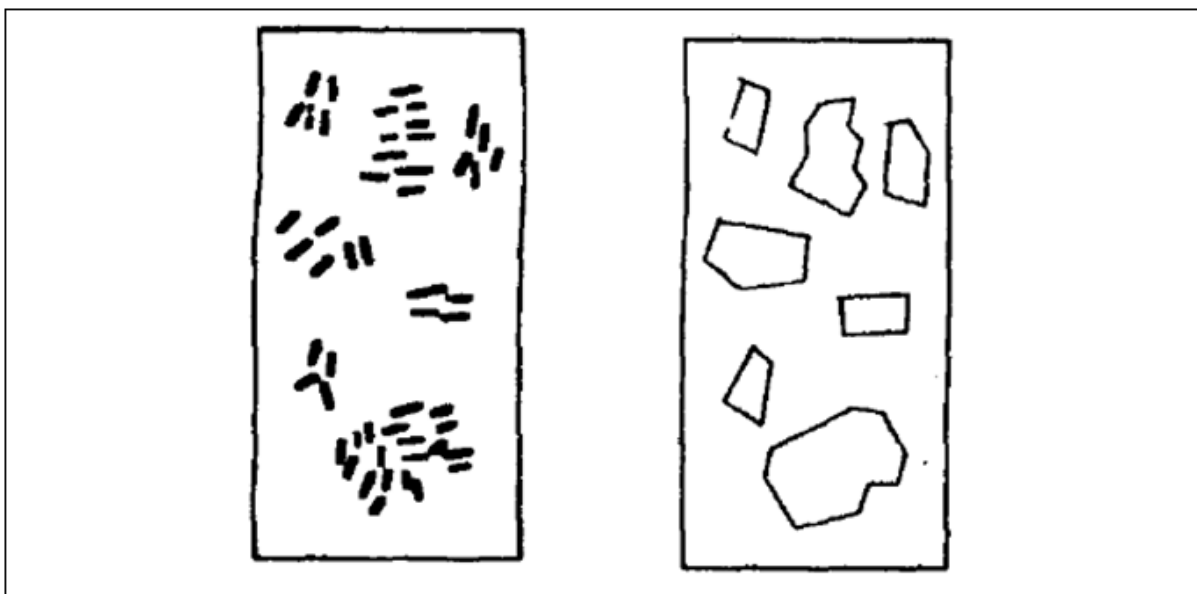


FIGURA 10 EDIFICAÇÕES INDIVIDUAIS À ESQUERDA E ÁREAS DE EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS À DIREITA
FONTE: McMaster Shea (1992)

Voltando ao modelo, a capacidade de mudança da carta pode ser representada por um triângulo (FIGURA 11), onde a base significa a capacidade máxima e o topo o limite da capacidade da carta para receber processos de generalização. Cada seção adequa a capacidade da carta em cada situação. Quando a seção está próxima ao topo é necessário submeter a carta a um novo método cartográfico começando um novo ciclo de generalização. Desta forma é possível evitar deformações excessivas da realidade representada na carta.

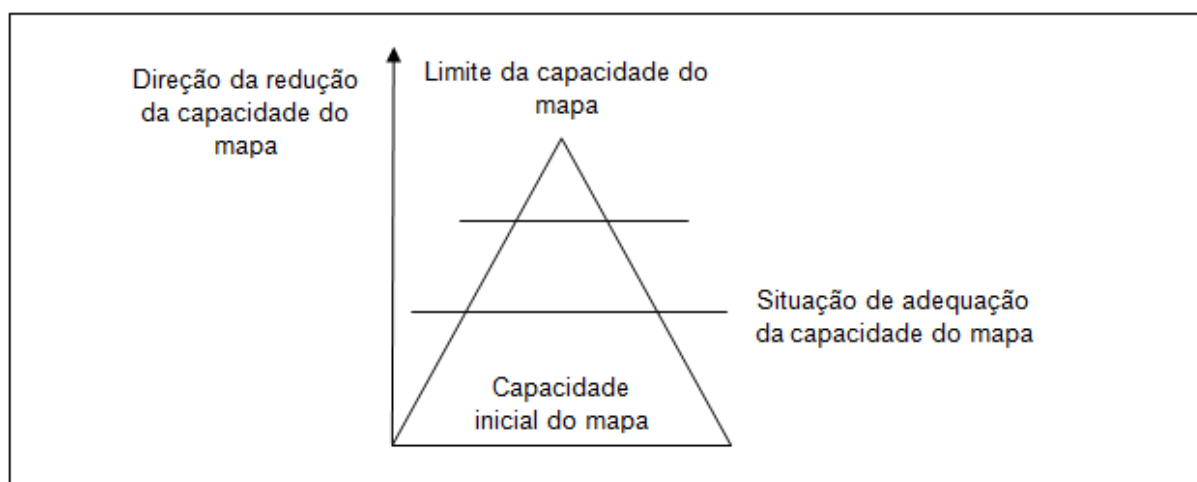


FIGURA 11 MODELO PARA GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA PROPOSTO POR RATAJSKI

FONTE: Adaptado de Vianna (1997)

McMaster e Shea (1992) citam o modelo de Brassel e Weibel (1988) que melhor se adapta aos SIG porque é mais detalhado. O modelo identifica cinco atividades para o processo de generalização em SIG (FIGURA 12):

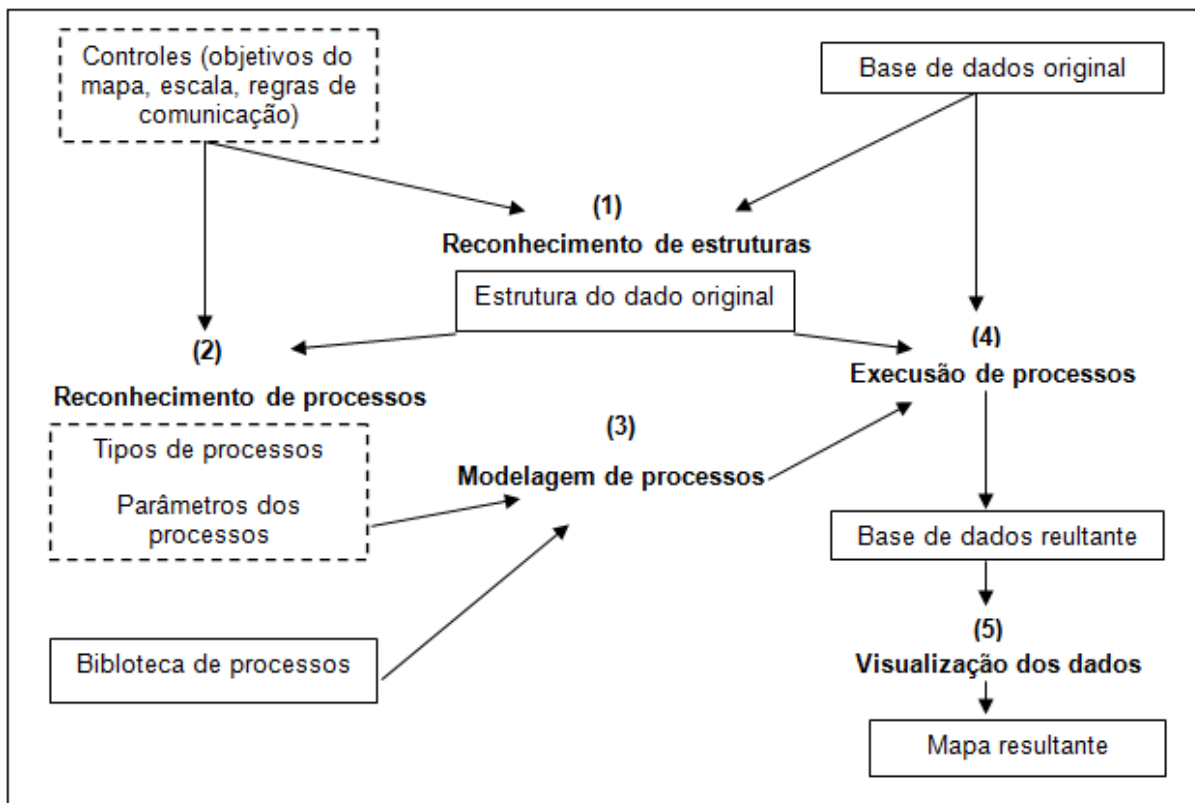


FIGURA 12 MODELO DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA PROPOSTO POR BRASSEL E WEIBEL

FONTE: Adaptado de McMaster e Shea (1992)

1) Na atividade de reconhecimento de estruturas, identifica-se as feições cartográficas específicas, ou agregação das feições, bem como as relações espaciais e as medidas de importância. Esta atividade tem três objetivos a controlar: a qualidade da base de dados original, a escala da carta a produzir e as regras de comunicação;

2) a atividade de reconhecimento de processos identifica a operação de generalização necessária, bem como, o tipo de modificação dos dados e a seleção dos parâmetros gráficos. Os objetivos desta atividade são: o que será feito com o dado original, quais os tipos de conflitos a serem identificados e resolvidos, e quais feições a considerar na carta a ser produzida;

3) a atividade de modelagem de processos é a etapa na qual os algoritmos e os parâmetros que serão aplicados são relacionados à base de dados para procedimentos de generalização;

4) a atividade de execução de processos é a etapa onde o processo de generalização é realizado e;

5) a atividade de visualização dos dados é a etapa onde a base de dados generalizada é transformada na carta desejada.

Outros modelos conceituais tais como o de Morrison, foram apresentados em 1974, este é baseado na teoria de conjuntos de Kantor e utiliza os conceitos de classificação, simplificação, simbolização e indução. Nickrson e Freeman, em seu modelo, incorporam o conceito de carta intermediária. A carta intermediária é composta por feições afetadas por operações de eliminação, simplificação combinação e por símbolos afetados de um nível de exagero (MCMASTER e SHEA, 1992). O desenvolvimento dos modelos tem o objetivo de definir e identificar os processos da generalização, e MCMASTER e SHEA (1992) têm proposto algoritmos na tentativa de auxiliarem nas tarefas executadas manualmente pelos cartógrafos.

Nesta pesquisa propõe-se o modelo conceitual de generalização cartográfica de MCMASTER e SHEA (1992), e os mesmos autores dizem que uma das razões que justificam as diferenças conceituais está no fato de que na Cartografia convencional não há a preocupação em se formalizar o conhecimento sobre as técnicas de generalização, as quais são realizadas baseada no propósito e objetivos da carta em construção, com base na experiência e conhecimento especializado dos cartógrafos.

O modelo de McMaster e Shea (1992) é usado no desenvolvimento desta pesquisa porque nas suas abordagens traz uma visão histórica do entendimento e desenvolvimento teórico da generalização cartográfica (FIRKOWSKI, 2002), enquanto que os outros modelos (D'Alge, 2007) apresentam algumas dificuldades referentes ao desenvolvimento sistemático de todo o processo de generalização, o que resultaria em um produto cartográfico que não responderia ao propósito. O modelo conceitual de McMaster e Shea (1992) trata a generalização segundo três aspectos: os objetivos filosóficos, ou porque generalizar; a avaliação cartométrica, ou quando generalizar; e as transformações espaciais e de atributos, ou seja, como generalizar (FIGURA 13).

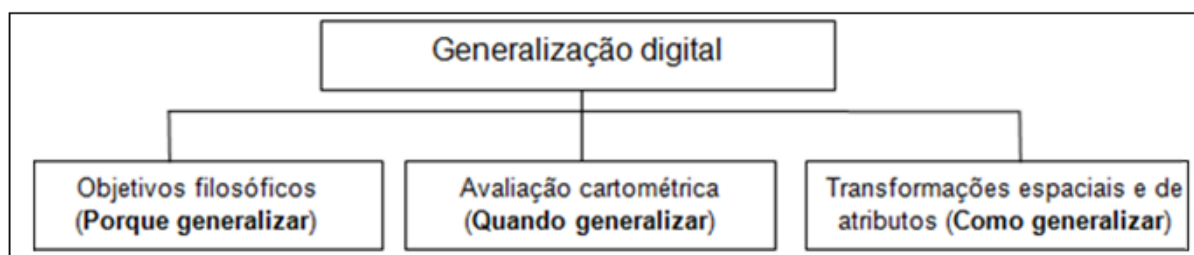


FIGURA 13 MODELO CONCEITUAL DE MCMASTER E SHEA
FONTE: McMaster e Shea (1992)

Neste modelo, inicia-se pela realização da generalização onde são reconhecidos e explicitados os requisitos teóricos que justificam a realização do processo de generalização. O processo tem como propósito a manutenção da eficiência, da comunicação cartográfica devido à redução de escala de representação e a satisfação dos requisitos ou necessidades do usuário, além dos requisitos computacionais, como custo efetivo dos algoritmos, necessidade mínima de armazenamento em memória computacional.

A avaliação cartométrica é a componente que permite definir em qual momento a generalização cartográfica é requerida para que uma carta alcance seu propósito, e esta componente é dividida em três partes, que são: as condições geométricas, as medidas espaciais e holísticas, e o controle de transformações. Por último, têm-se as transformações espaciais e de atributos, ou quais serão os operadores de generalização que devem ser aplicados. O processo de generalização cartográfica é realizado pela aplicação de transformações espaciais que operam dados geométricos, e por operações de transformação de atributos.

No modelo conceitual de MCMASTER e SHEA (1992), a primeira componente, denominada de objetivos filosóficos, são as razões de porque generalizar. Esta componente é decomposta em três elementos que são: teóricos, específicos de aplicação e computacional (FIGURA 14).

Os Elementos teóricos são aqueles que guiam a necessidade do processo de generalização cartográfica, em meio digital, minimizando os efeitos de redução de escala. Os seis elementos são: redução de complexidade, manutenção da acurácia espacial, manutenção da acurácia dos atributos, manutenção da qualidade estética, manutenção de uma hierarquia lógica e aplicação de regras consistentes.

Os elementos específicos de aplicação definem as necessidades para apresentação final da carta, sejam eles impressos ou exibidos na tela do

computador. Três elementos são identificados: propósito do mapa e dos usuários, a escala desejada e manutenção da clareza da carta.

Os elementos computacionais são aqueles que equilibram as necessidades da carta e os requisitos dos recursos computacionais disponíveis. São identificados três elementos: custo efetivo dos algoritmos, redução máxima dos dados e necessidade mínima de memória/disco.

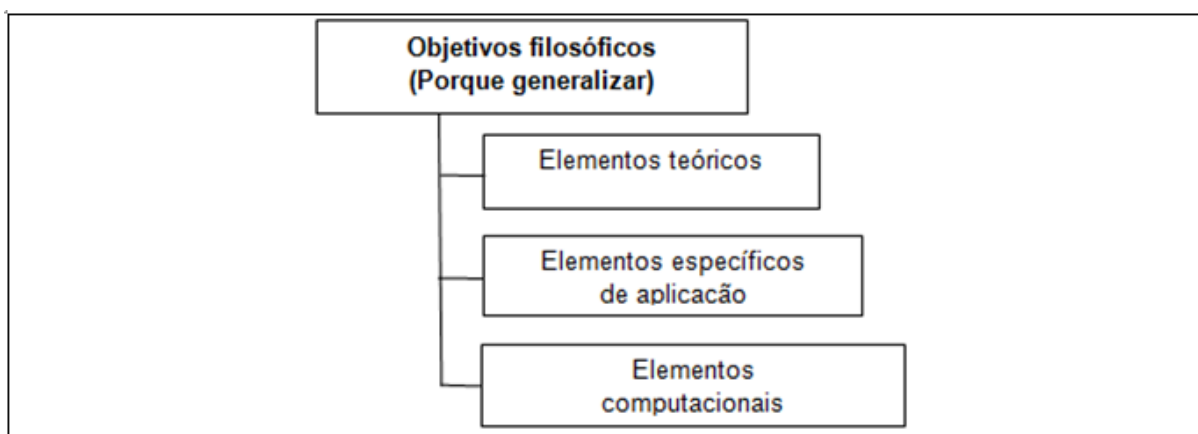


FIGURA 14 OBJETIVOS FILOSÓFICOS OU SEJA PORQUE GENERALIZAR
FONTE: McMaster e Shea (1992)

A avaliação cartométrica é o segundo aspecto do modelo conceitual de MCMASTER e SHEA (1992) (FIGURA 15). Esta componente é dividida em três partes: as condições geométricas, as medidas espaciais e holísticas e o controle das transformações.

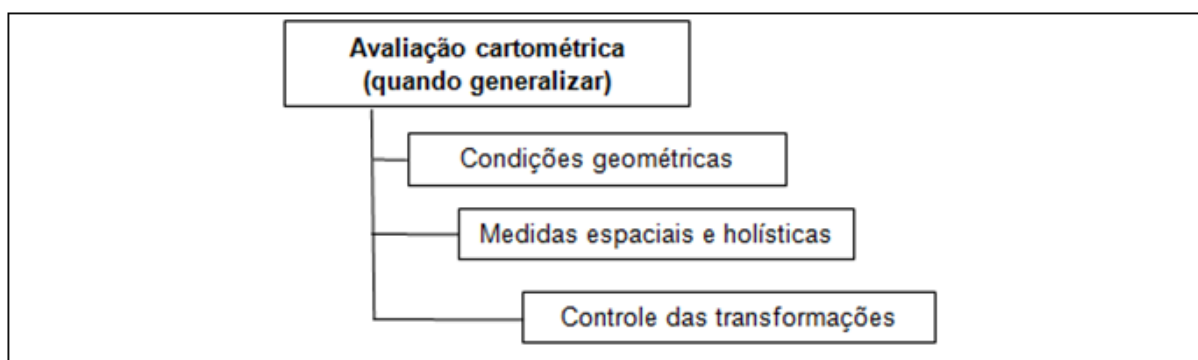


FIGURA 15 AVALIAÇÃO CATOMÉTRICA OU QUANDO GENERALIZAR
FONTE: McMaster e Shea (1992)

As condições geométricas determinam a necessidade de generalização cartográfica e, de acordo com MCMASTER e SHEA (1992), são detectadas seis

condições geométricas quando a escala da carta é reduzida: o congestionamento, a coalescência, o conflito, a complicação, a inconsistência e a imperceptibilidade.

O congestionamento refere-se ao problema da alta densidade de feições, devido à redução de escala e ao espaço geográfico, que é limitado. A solução é a aplicação de operadores de generalização como classificação e seleção.

A coalescência é a condição que ocorre quando as feições tocam-se devido à aproximação e à superposição com a mudança de escala. Isto prejudica a comunicação. Esta condição requer a implementação do operador de deslocamento.

O conflito é uma situação de incompatibilidade entre a feição representada as demais feições. Por exemplo, quando existe uma estrada que cruza um rio por meio de uma ponte e o rio não será representado na nova escala. Como consequência, a representação da estrada é mantida juntamente com a ponte e o rio não está mais representado.


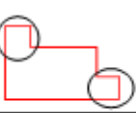



A complicação ou dificuldade relata uma ambiguidade em desempenho ou aplicação de técnicas de generalização como função daquelas condições específicas, por exemplo: complexidade de dados espaciais, seleção de técnicas de iterações e seleção de níveis de tolerância. Por outras, esta condição geométrica é dependente de uma condição específica que existe num espaço definido, por exemplo, uma linha de costa que passa de muito suave a muito ondulada (D'ALGE, 2007).

A inconsistência é caracterizada pela aplicação não uniforme de decisões que acarretam operações de generalização ao longo de uma dada região mapeada. Um exemplo de inconsistência surge quando se omitem edificações individuais em uma carta de escala pequena. Nas cartas de escala pequena as edificações isoladas só aparecem em áreas rurais, nas áreas urbanas as edificações são agregadas e representadas como área.

A imperceptibilidade é uma situação que resulta da redução de escala, onde feições abaixo do tamanho mínimo perceptível são removidas. Neste caso, feições importantes podem ser removidas, alargadas ou exageradas, ou convertidas em sua aparência passando do seu estado atual para outro estado. Por exemplo, a combinação de um conjunto de feições pontuais em feições únicas de área. MCMASTER e SHEA (1992) afirmam que a imperceptibilidade é uma das condições mais dominantes no processo de generalização.

Referente ao tamanho mínimo perceptível (parâmetros gráficos), a SSC (1977) afirma que a redução de feições pontuais, lineares e de área deve ser feita enquanto for possível discriminá-las. Portanto, para a representação de feições de vias urbanas, edificações e toponímia deve-se considerar os tamanhos mínimos exigidos, tendo em conta as diferentes escalas. A seguir é apresetada a TABELA 2, onde são apresentados os tamanhos mínimos identificáveis (SSC, 1977), incluindo os tamanhos identificáveis nas escalas 1:5.000 e 1:10.000, segundo testes de percepção de símbolos (TAURA, 2007).

TABELA 2 TAMANHOS MÍNIMOS PERCEPTÍVEIS PROPOSTOS PELA SSC (1977) E POR TAURA (2007)

Parâmetros gráficos	Símbolo	Tamanho mínimo segundo SSC (1977)	Tamanho mínimo na escala 1:5.000 segundo TAURA (2007)	Tamanho mínimo na escala 1:10.000 segundo TAURA (2007)
Espaçamento entre áreas	 Espaçamento	0,25 mm	1,25 m	2,5 m
Detalhes na área no polígono		0,30 mm	1,50 m	3,0 m
Espaçamento entre áreas e linha	 Espaçamento	0,25 mm	1,25 m	2,5 m
Comprimento do lado do quadrado preenchido		0,30 mm	1,50 m	3,0 m
Espaçamento entre linhas contínuas		0,25 mm	1,25 m	2,5 m
Letra fonte arial	Toponímia	1,20 mm	-	-

FONTE: Adaptado da SSC (1977) e TAURA (2007)

As medidas espaciais e holísticas satisfazem as condições geométricas ocorridas e são medidas condicionais observadas quando são feitas avaliações não só das feições individuais, mas também, dos relacionamentos entre duas ou mais feições. MCMASTER e SHEA (1992) abordam sete medidas para o início da

discussão da avaliação de quando uma carta necessita de generalização, que são: de densidade, de distribuição, de comprimento e sinuosidade, de forma, de distância, medida baseada na teoria da Gestalt, e abstração.

As medidas de densidade são usadas para se avaliar múltiplas relações de feições, e inclui o número de pontos, linhas ou de área por unidade de área; a média de densidade de pontos, linhas ou feições de área; ou o número e a localização de pontos, linhas ou feições de área.

As medidas de distribuição são usadas para avaliar a distribuição de feições na carta. Por exemplo, feições pontuais podem ser examinadas para medir dispersões ou agrupamentos. Feições lineares na carta podem ser avaliadas pela sua complexidade, por exemplo, o cálculo de todo o fluxo de rede viária baseado num valor médio. Feições de áreas podem ser comparadas pela sua relativa distância entre elas ou por localização.

As medidas de comprimento e sinuosidade são aplicadas para linhas individuais ou para feições de limites de áreas. Por exemplo, o cálculo do comprimento da linha da rede viária na carta. O comprimento da linha da rede viária inclui número de coordenadas; valor médio e desvio-padrão das coordenadas. A sinuosidade inclui o total de ângulos por mudar; a média angular por ângulo; a soma de ângulos positivos ou negativos; total do número de ocorrências; e o significado dos comprimentos de ocorrência (MCMASTER e SHEA, 1992).

As medidas de forma são usuais na determinação de feições de área na nova escala. As componentes mais importantes de descrição de forma são o comprimento e a sinuosidade de contornos, mas pode se usar a geometria das feições de ponto, linha ou área; o perímetro da área, o centroide da linha ou área, a variação de coordenadas das feições de área (MCMASTER e SHEA, 1992).

As medidas de distância consistem de cálculos realizados usando posições básicas das formas geométricas de feições tais como ponto, linha e área. É utilizada a menor distância ou medida euclidiana de cada feição. Use-se o *buffer* para obter distâncias entre as feições. O *buffer* consiste de um conjunto de pontos que delimitam a região em torno de um objeto que é considerado como o espaço de influência ou conflito. O *buffer* é um algoritmo usado no processo de generalização para indicar se existe um problema na generalização, se as feições estão em conflito devido à redução de escala.

A teoria da Gestalt auxilia na indicação de características perceptíveis na distribuição de feições através da relação estrutural entre padrões semelhantes. Exemplos deste relacionamento são: fechamento, continuidade, proximidade e similaridade.

As medidas denominadas abstratas auxiliam a avaliar a natureza conceitual das distribuições espaciais. Exemplos podem ser: complexidade, homogeneidade e simetria. MCMASTER e SHEA (1992) ressaltam que muitas destas medidas espaciais e holísticas podem ser desenvolvidas em programas computacionais para análises espaciais, menos as medidas de Gestalt e Abstratas.

O controle das transformações é a generalização propriamente dita, e surge da necessidade da crítica aos operadores utilizados no processo de generalização cartográfica. São identificados três controles de transformação básicos: seleção dos operadores, seleção dos algoritmos e seleção dos parâmetros necessários à obtenção dos resultados esperados. Os operadores são separados em duas categorias, conforme o tipo de dados que tratam, e podem atuar em dados de geometria ou em dados de atributos. Segundo MCMASTER e SHEA (1992), a ordem em que os operadores de generalização são aplicados se torna tão crítica quanto a seleção dos algoritmos usados por aqueles operadores. O parâmetro necessário de entrada, para se chegar a um determinado resultado, em uma dada escala, desempenha um papel significativo ao afetar as transformações de generalização.

As transformações espaciais e de atributos são responsáveis por operações que modificam os dados e, elas não são independentes, existindo um relacionamento entre elas para produzir dados derivados. As transformações espaciais e de atributos são a componente “como generalizar” (FIGURA 16). As modificações são executadas por algoritmos que são a realização de conceitos de operadores de generalização.

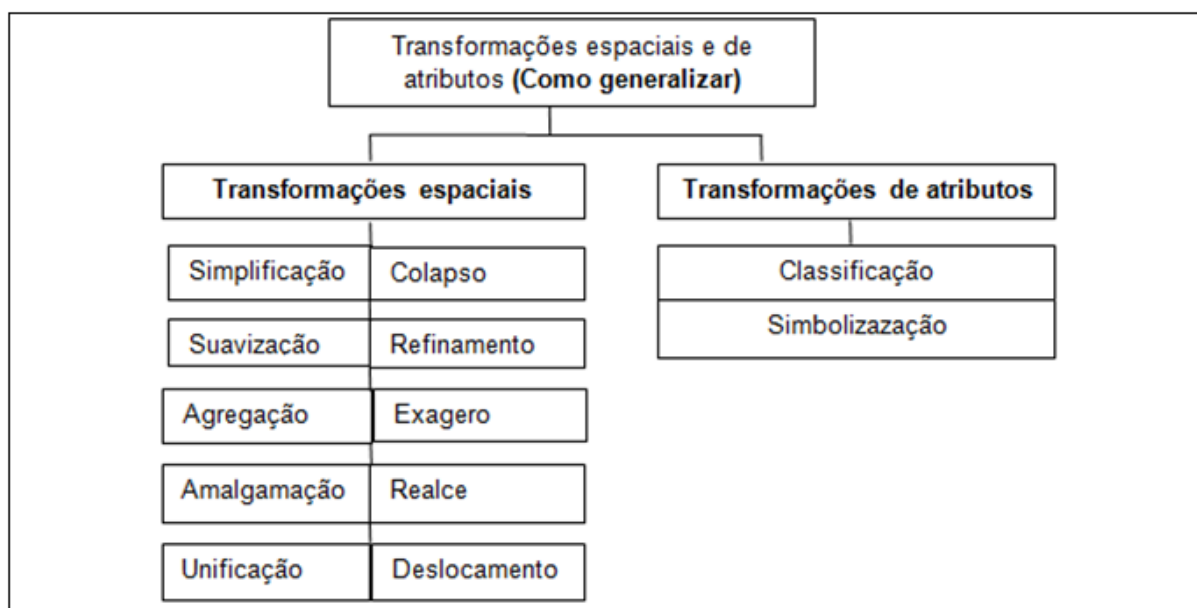


FIGURA 16 TRANSFORMAÇÕES ESPACIAIS E DE ATRIBUTOS OU COMO GENERALIZAR

FONTE: McMaster e Shea (1992)

As transformações espaciais são realizadas pelos operadores que alteram a representação dos dados do ponto de vista geográfico ou topológico e são identificados dez operadores: simplificação, suavização, agregação, amalgamação, união, colapso, refinamento, exagero, realce e deslocamento (MCMASTER e SHEA, 1992). A simplificação, deslocamento e realce, apenas são citados aqui, pois já foram abordados na generalização manual.

A suavização é o operador que permite a criação e o reposicionamento dos pontos originais da linha, com o objetivo de minimizar pequenas perturbações e caracterizar somente a mais significativa tendência da linha. O resultado da aplicação do operador é a redução da angularidade (FIGURA 17).

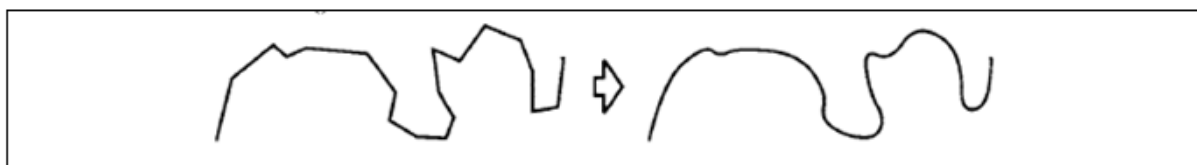


FIGURA 17 SUAUIZAÇÃO

FONTE: Monmonier (1991)

A agregação é o operador que permite mudanças dimensionais com o objetivo de representar elementos pontuais como elementos de área (FIGURA 18).

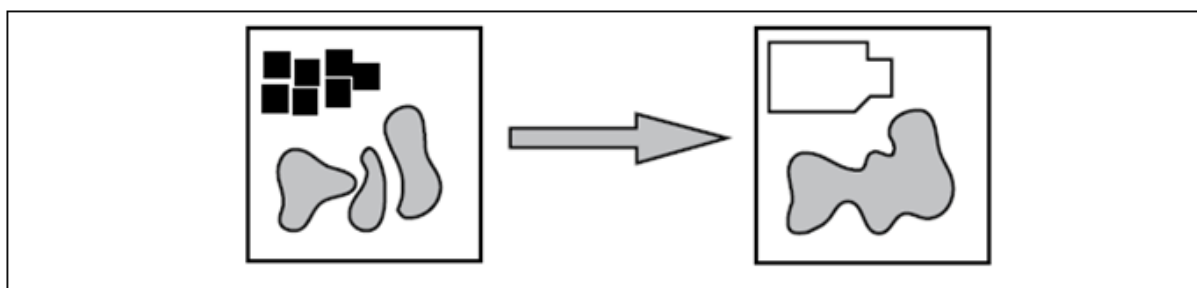


FIGURA 18 AGREGAÇÃO
FONTE: ESRI (1996)

A amalgamação é o operador que produz uma feição de área a partir da reunião de outras feições de áreas similares. O agrupamento deve preservar a característica da região após a redução de escala (FIGURA 19).

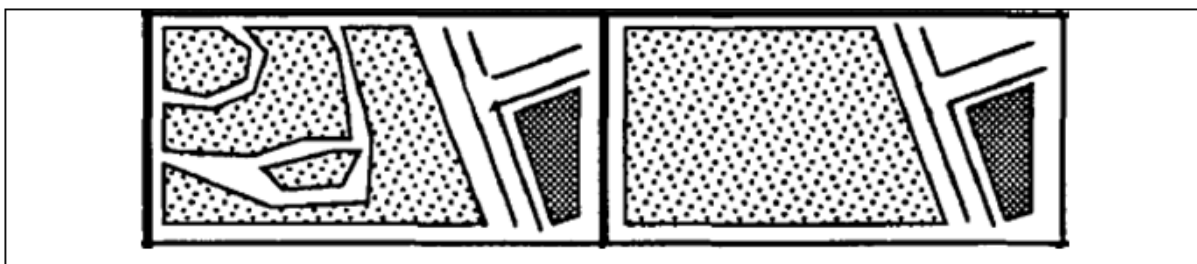


FIGURA 19 AMALGAMAÇÃO
FONTE: Shea e McMaster (1992)

A unificação é o operador que trata da redução do número de elementos lineares para tornar a representação mais simples, porém sem perder as características que identificam a feição (FIGURA 20).

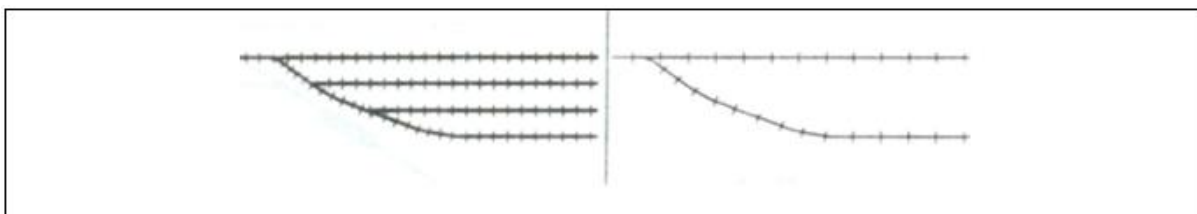


FIGURA 20 UNIFICAÇÃO
FONTE: McMaster e Shea (1992)

O colapso é o operador que trata das situações em que, sob redução de escala, as feições demandam por mudança dimensional. Na presença de redução

de escala as feições de área podem passar a ser representadas por pontos ou linhas (FIGURA 21).

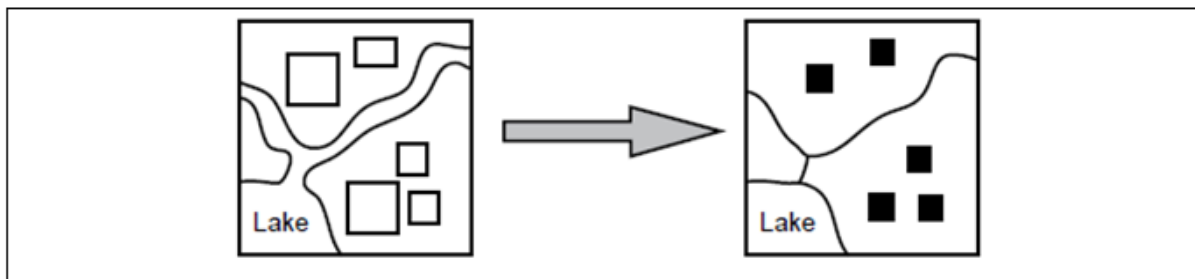


FIGURA 21 COLAPSO
FONTE: ESRI (1996)

O refinamento é o operador que permite a seleção de um determinado número de feições de mesma origem para serem mantidas ou eliminadas, neste caso, aquelas que não acrescentam detalhes importantes à impressão geral de distribuição, ou seja, redução do número de partes ou de repetições menos importantes de feições ou de conjunto de feições similares (FIGURA 22).

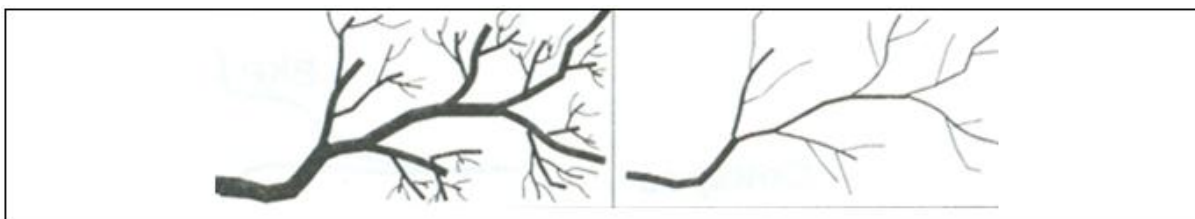


FIGURA 22 REFINAMENTO
FONTE: McMaster e Shea (1992)

O exagero é o operador que permite a ampliação do tamanho do objeto, para que sua representação seja destacada no mapa final. Este operador deve ser utilizado quando as formas e o tamanho da feição precisam ser exagerados para atender os requisitos específicos do mapa. Consiste em enfatizar o objeto, através do aumento de seu tamanho (FIGURA 23).

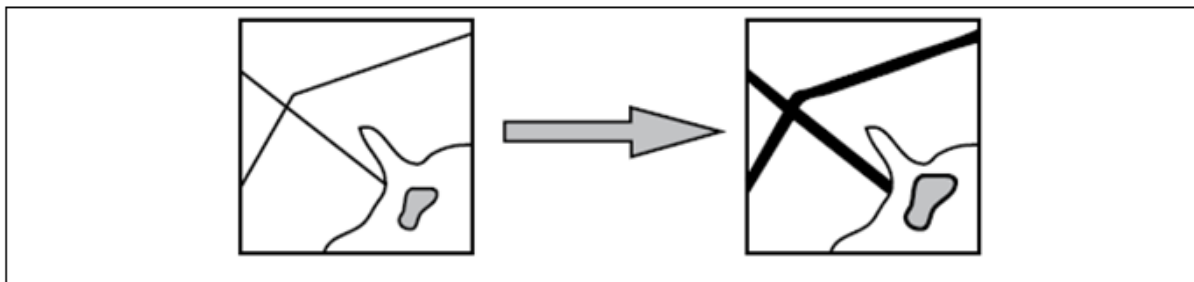


FIGURA 23 EXAGERO
FONTE: ESRI (1996)

As transformações de atributos manipulam as características dos dados derivados dos elementos e neste caso são identificados dois operadores: classificação e simbolização, já abordados no item que tratou da generalização manual.

Issmael (2007) analisou o conjunto de operadores abordados por grupo de autores, e observou a falta de consenso entre os mesmos. Na tentativa de criar regras consensuais, ISSMAEL (2007) reuniu os operadores por finalidades semelhantes, nas quais agrupou operadores que manipulam transformações espaciais e operadores que manipulam transformação de atributos, como ilustra a TABELA 3.

TABELA 3 OPERADORES POR FINALIDADE SEMELHANTE

Operadores	Finalidade Semelhante	Transformação
Exagero	Ampliação de feições	Espacial
Simplificação e Suavização	Criação, eliminação ou alteração de pontos	
Refinamento e Tipificação	Manutenção do aspecto geral	
Agregação, Amalgamação, Colapso, Combinação, Unificação e Segmentação	Mudanças dimensionais e/ou substituição pelo mesmo tipo de dado	
Deslocamento	Mudança de posição	
Eliminação, Seleção, Dissolução	Exclusão/Manutenção de feições	
Simbolização	Atribuição de nova simbologia	De atributos
Classificação	Reunião em classes	
Abreviatura e Associação Gráfica	Tratamento de toponímia	

FONTE: Adaptado de Issmael (2003)

A seguir são abordados os problemas de representação de REGNAULD (2001), que devem ser satisfeitos e são utilizados para orientar o processo de generalização de cartas.

Regnauld (2001) caracteriza os problemas de representação de edificações e vias em quatro fatores: restrições de legibilidade, identidade visual, organização espacial e homogeneidade. As restrições de legibilidade ocorrem em função da percepção visual, da separação entre símbolos e densidade máxima. A legibilidade pode ser dividida em:

- 1) Percepção, que engloba as limitações que especificam o tamanho mínimo das feições ou detalhes, o valor mínimo recomendads para o tamanho de polígonos é de 0,5 mm, e o comprimento mínimo para detalhes em polígonos de 0,3 mm;
- 2) Separação, que é a distância mínima entre duas feições, sendo esta de 0,15 mm; e

3) Densidade máxima, que é o número de objetos por unidade de área e define o ponto onde a carta torna-se ilegível. Por exemplo: o alargamento de feições para satisfazer restrições de dimensão mínima.

A identidade visual consiste nas qualidades que preservam as características visuais que auxiliam o usuário a identificar feições, e são três: a forma, o tamanho e a cor. REGNAULD (2001) diz que estas três características devem ser preservadas ou recuperadas na carta derivada para poder restabelecer-se a legibilidade.

A organização espacial é composta pelas relações espaciais entre as feições na carta, que estão em função de elementos da Gestalt que são três: proximidade, similaridade e continuidade.

A proximidade auxilia a identificar conflitos devido à sua proximidade (FIGURA 24).

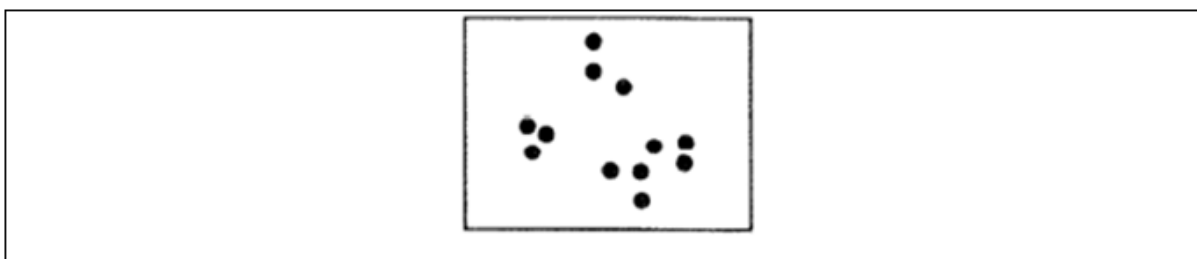


FIGURA 24 PROXIMIDADE
FONTE: Regnauld (2001)

A similaridade auxilia a agrupar feições em grupos ou formas similares (FIGURA 25).

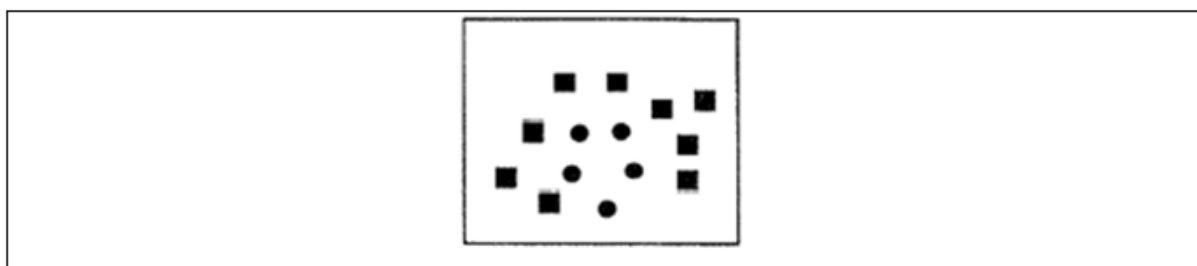


FIGURA 25 SIMILARIDADE
FONTE: Regnauld (2001)

A continuidade auxilia a identificar grupos de feições de acordo com sua regularidade linear de disposição (FIGURA 26).

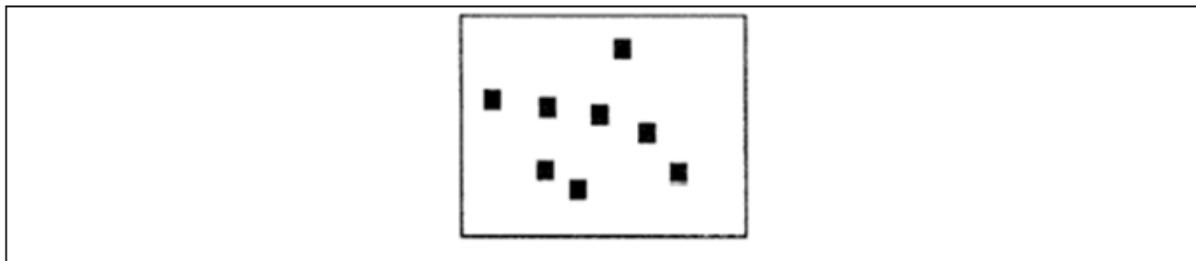


FIGURA 26 CONTINUIDADE
FONTE: Regnauld (2001)

Segundo Bos (1984), fechamento é uma tendência perceptiva para se fechar ou completar os contornos dos objetos que não estão completos, como mostra a FIGURA 27. As áreas cercadas por contornos são melhor vistas do que as áreas que não estão totalmente cercadas.

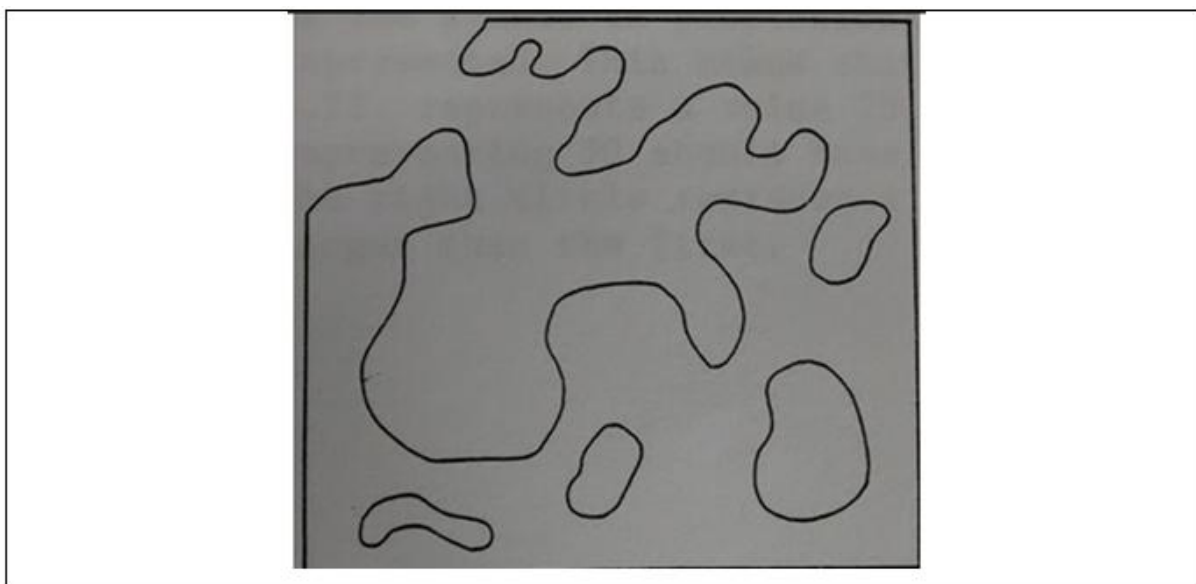


FIGURA 27 FECHAMENTO
FONTE: Bos (1984)

Feitas as análises, estas características auxiliam na identificação de grupos de feições de edificações similares, áreas residenciais, e também são indicadores de congestionamentos e conflitos devido à excessiva proximidade de feições.

Segundo Santil (2008) o fechamento e a continuidade refere-se à existência de forças internas que organizam o processo de percepção visual da forma. Esses princípios básicos ou leis da organização perceptiva explicam porque vemos as “coisas” como vemos. O autor esclarece ainda que a nossa atividade perceptiva se subordina a um fator básico designado de “boa forma” ou de pregnância. Essa lei se refere a uma organização psicológica que pode ser tão “boa” quanto as condições permitirem.

Exemplo de representação da continuidade corresponde à disposição natural e espontânea dos elementos para acompanhar outros, de modo a permitir a continuidade de uma linha, de uma curva numa dada direção. A FIGURA 28 mostra, apesar do entrecruzamento de linhas, que não se encontra dificuldade em perceber a disposição dessas feições.

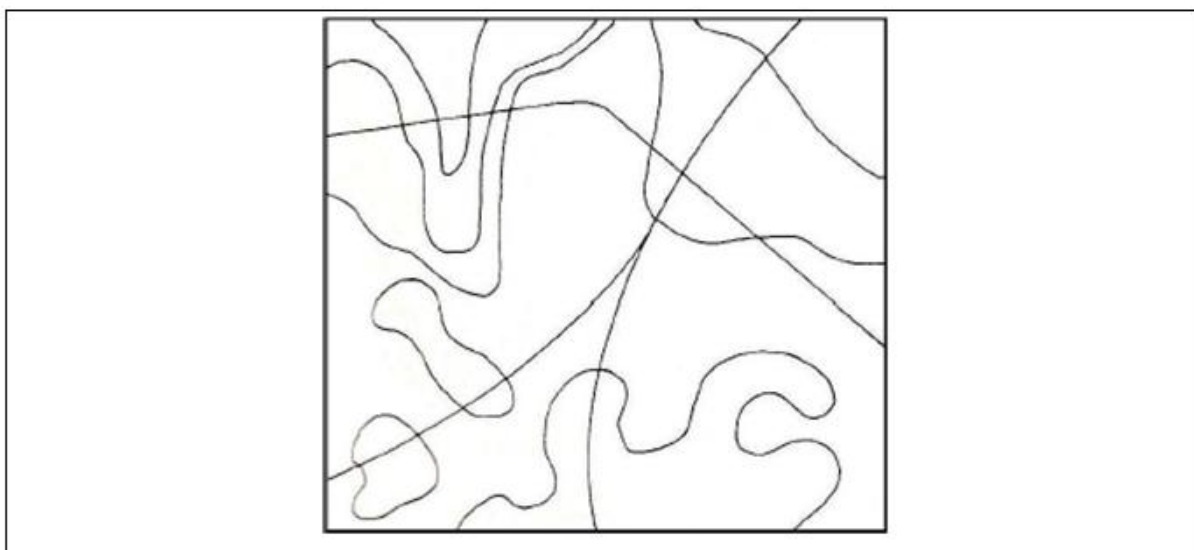


FIGURA 28 REPRESENTAÇÃO DE CONTINUIDADE
FONTE: Bos (1984)

A homogeneidade significa que as modificações na carta generalizada devem ser feitas de maneira homogênea para garantir o equilíbrio geral na representação cartográfica, pois todas as feições representadas devem estar em equilíbrio porque todas elas são importantes, isto é, nenhuma feição é mais importante em relação a outra. As modificações devem ser feitas em vários níveis de detalhe. Por exemplo, a nível de uma cidade, a diminuição do número de edifícios e a densidade das vias urbanas deve ser feita a partir do centro para a periferia, de modo que as características originais sejam preservadas. A nível local, em uma área

da cidade, grandes diferenças entre tamanhos de construções e entre a densidade de grupos locais de edifícios também devem ser preservadas. Em termos gerais, as diferenças e as semelhanças devem ser preservadas tanto quanto possível, para que o mapa resultante esteja em equilíbrio e apresente uma qualidade estética desejável.

O entendimento e o conhecimento suficiente sobre os problemas de representação, restrições de legibilidade, identidade visual, organização espacial, homogeneidade e suas características possibilita perceber que a carta generalizada deve passar por alterações e modificações de modo a adequar-se à nova escala e restabelecer a legibilidade e visibilidade, levando-se em consideração que todas as modificações que devem ser feitas para garantir o equilíbrio visual em toda a carta.

Na TABELA 4 estão mostradas as características dos problemas de representação (REGNAULD, 2001).

TABELA 4 PROBLEMAS DE REPRESENTAÇÃO

Fatores	Características
Restrições de legibilidade	Percepção, separação e densidade máxima
Identidade visual	Forma, tamanho e cor
Organização espacial	Proximidade, similaridade, continuidade e fechamento
Homogeneidade	Equilíbrio geral do mapa

FONTE: Regnauld (2001)

Nalini (2005) e Taura (2007), nas suas pesquisas sobre o processo de generalização cartográfica, trabalharam com as seguintes classes de feições: vias urbanas, edificações, limites de propriedades e toponímia. As classes de feições foram definidas em função das necessidades dos usuários que utilizam os produtos derivados e que auxiliam nos seus projetos de planos urbanísticos.

As condições geométricas detectadas são as definidas por MCMASTER e SHEA (1992) que são: congestionamento, coalescência, conflito e imperceptibilidade. As condições geométricas de complicação e inconsistência não foram consideradas porque TAURA (2007), nas suas análises, não fez menção, mas

são resultados da aplicação do processo da generalização e são de difícil detecção visual.

Nalini (2005) detectou a coalescência visualmente na representação de ferrovia onde várias faixas provocam aumento de densidade de linhas. Também há dificuldade de legibilidade.

Destas pesquisas, pode-se considerar que as condições geométricas detectadas por NALINI (2005) e por TAURA (2007) que são congestionamento, coalescência e conflito dizem respeito à proximidade entre as feições representadas, sobreposição de símbolos, dificuldade de identificar símbolos devido à proximidade entre as feições, provocando erro na interpretação da representação, o que significa que há problema de legibilidade. A imperceptibilidade é obvio que cria o problema de visibilidade porque os símbolos apresentam tamanhos abaixo do mínimo perceptível como consequência da redução de escala. A TABELA 5 mostra o resumo das condições geométricas, parâmetros gráficos e problemas causados por condições geométricas.

TABELA 5 RESUMO DAS CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS, PARÂMETROS GRÁFICOS E PROBLEMAS CAUSADOS POR CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS

Condições geométricas	Parâmetros gráficos	Problemas
Congestionamento Coalescência Conflito	Espaçamento entre áreas, áreas com detalhes no polígonos, espaçamento entre áreas e linha, espaçamento entre linhas contínuas	legibilidade
imperceptibilidade	Tamanho mínimo das feições	visibilidade

FONTE: Adaptado pelo autor (2014)

Nalini (2005) e Taura (2007) aplicaram as condições geométricas demandadas pela redução de escala, sendo que MCMASTER e SHEA (1992) afirmam que a seleção dos operadores deve considerar a importância das feições, isto é, relacionar o propósito e o usuário da carta.

A condição geométrica de congestionamento detectada por NALINI (2005), foi solucionada usando a operação de tipificação. Para excluir alguns símbolos pontuais, devido à grande densidade de feições, propôs um único símbolo para

pontos intervias e para as edificações de hospital. TAURA (2007), para solucionar a condição geométrica de congestionamento, aplicou o operador de exagero para a via a partir do seu eixo, embora as vias tivessem tamanho identificável porque estavam muito próximas e as vias são acompanhadas de informações como canteiros e toponímia e o espaço deve ser suficiente para sua representação. Para as edificações que se encontravam sobre as vias, foram deslocadas (TAURA, 2007).

No conflito detectada por Nalini (2005), optou pelos operadores de deslocamento e a associação gráfica. O deslocamento consistiu na mudança de posição da feição, de maneira a destacá-la da outra, que estava muito próxima, tendo deslocado a linha de limite entre estados, pois este não é materializado em relação à linha férrea. Aplicou também a associação gráfica, que associou a informação textual, e eliminou um dos topônimos para não confundir a sua localização (telepar).

Para resolver as situações de coalescência, TAURA (2007) optou pelo operador de simbolização para tornar visível as feições de ponte, viaduto, trincheiras e túneis. Estas feições foram afetadas por problemas de legibilidade pois, na redução da escala tornaram-se imperceptíveis. Para resolver esta situação TAURA (2007) exagerou as feições para torná-las legíveis.

Para a imperceptibilidade, Nalini (2005) usou os operadores de seleção para exclusão das chaminés que foram representados com tamanhos mínimos perceptíveis, e a amalgamação, que permitiu unir áreas contíguas com atributos similares.

Taura (2007) optou por operadores de seleção ou eliminação para feições abaixo do mínimo considerando o grau de importância, e agregou as edificações da mesma classe com distâncias entre elas menores que 0,25mm na escala. Feições menores e menos importantes se agregam às maiores e mais importantes. Para a operação simplificação, eliminou detalhes inferiores a 0,30mm. Para evitar a coalescência entres vias, deslocou-as.

As recomendações de como generalizar as diversas feições são indicadas pela SSC (2002), mas não estão mencionados quais operadores devem ser aplicados em cada caso e os parâmetros gráficos usados são de TAURA (2007), que são coincidentes de certa forma, com da SSC (1977). Por exemplo: com a redução de escala a feição cemitério fica abaixo do tamanho perceptível, é aplicado

o operador exagero, para ampliar o tamanho da feição para que sua representação seja destacada na carta final, considerando a sua importância e o objetivo.

A subjetividade envolvida no processo de generalização é a razão que explica a diferenciação do uso dos operadores de generalização entre os pesquisadores em Cartografia. A TABELA 6, ilustra os operadores usados pelos autores e a finalidade semelhante.

TABELA 6 OS OPERADORES DE FINALIDADE SEMELHANTE USADOS POR NALINI E TAURA

Operadores	Finalidade semelhante	Transformação
Exagero	Ampliação de feições	Espacial
Tipificação	Dar único aspeto	
Deslocamento	Mudança de posição	
Amalgamação, agregação	Unir áreas contíguas e mudança dimensional	
Eliminação	Exclusão/manutenção de feições	
Simplificação	Elimina ou alteração de feições	
Associação gráfica	Manipulação de topônimos	De atributos
Simbolização	Associar nova simbologia	

FONTE: Adaptado pelo autor (2014)

3 MATERIAIS E METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS E ÁREA DE ESTUDO

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos, que fazem parte de um conjunto de ferramentas que permitiram aplicar uma série de técnicas cartográficas atuais, mais precisamente as técnicas do processo de generalização cartográfica manual em ambiente digital:

- Base cartográfica digital do município de Campo Largo na escala 1:2.000, fornecida pelo Paranaidade, sistema de projeção UTM, SGB, *Datum* Horizontal SAD 69 e os arquivos digitais no formato *shp*.
- *Software ArcGis 10* da *ESRI*.
- Computador *Pentium 4*, *Windows XP* versão 2002, processador 3.000, 1.93 GB de memória *RAM*, Monitor de 21", placa aceleradora de vídeo Wildcat 3D graphics de alta performance, disponibilizado pelo Laboratório de pesquisa em Cartografia e SIG (Labcarto) do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas.

A área de estudo, definida para o desenvolvimento desta pesquisa, é o município de Campo Largo (FIGURA 29). Campo Largo é um município do estado do Paraná, localizado na região metropolitana de Curitiba, oeste da capital do estado, distando desta cerca de 30 km. Ocupa uma área de 1 249,4 km², sendo que 13,47 km² estão no perímetro urbano e quatro distritos nomeadamente: Bateias, Três Córregos, São Silvestre e Ferraria, subdivididos ainda em cerca de 147 bairros, com 112 486 habitantes (TABELA 7) (<http://biblioteca.ibge.gov.br>).

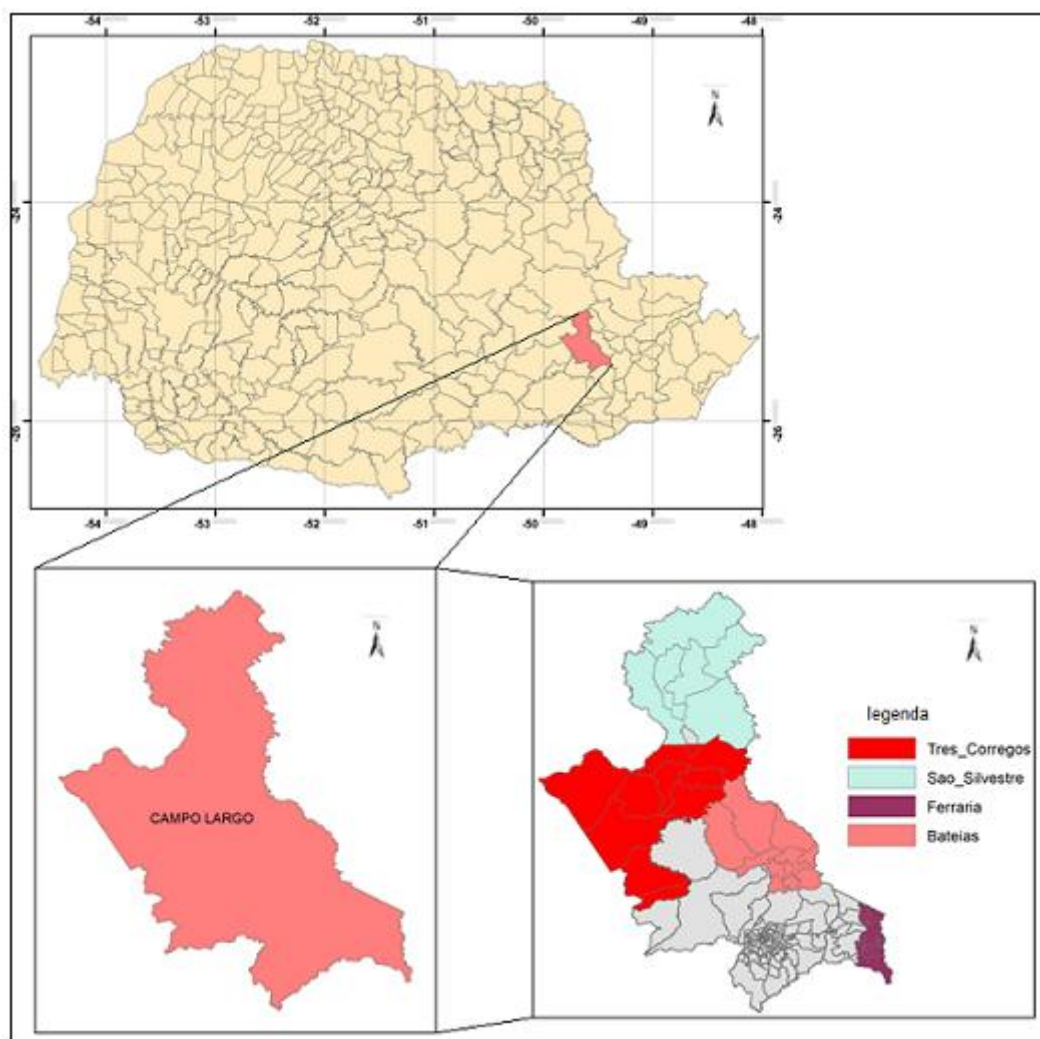


FIGURA 29 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO NO ESTADO DO PARANÁ

FONTE: Adaptado pelo autor (2014)

TABELA 7 DADOS DO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO


















Município	Area (km ²)	Perímetro urbano (km)	Habitantes
Campo Largo	1 249,4	13,47	112 486

FONTE: <http://biblioteca.ibge.gov.br> (2013)

3.2 AS CATEGORIAS E CLASSES DAS BASES CARTOGRÁFICAS DAS ÁREAS URBANAS DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ

As convenções cartográficas para o mapeamento topográfico em grande escala no estado do Paraná seguem um padrão estabelecido pela Câmara Técnica de Cartografia e Geoprocessamento – CTCG. A padronização foi definida para cartas na escala 1:2.000 e a simbologia para as cartas nas escalas 1:5.000 e 1:10.000 que estas, serão geradas pelo processo de generalização cartográfica. Na TABELA 8 estão representadas as categorias de feições conforme recomendado pela CTCG. As feições são representadas por suas primitivas gráficas (ponto, linha ou área) e seus atributos gráficos por cor, estilo e espessura de traço (CTCG, 2009).

TABELA 8 RECORTE DA TABELA DE CATEGORIAS E FEIÇÕES

Classe	Feição	Primitiva gráfica	Preenchimento		Contorno		
			RGB	Exemplo	RGB	Espessura	Exemplo
Edificações	Residenciais	A	255,190,190		255,0,0	0,18 mm	
	Industriais	A	156,156,156		0,0,0	0,18 mm	
	Comerciais	A	255,211,127		230,125,0	0,18 mm	
	De Ensino	A	255,190,190		255,0,0	0,18 mm	
	Saúde	A	255,190,190		255,0,0	0,18 mm	
	Templo	A	255,190,190		255,0,0	0,18 mm	
	Ruínas	A	255,190,190		255,0,0	0,18 mm	
	De Administração Pública	A	232,190,255		197,0,255	0,18 mm	
Limites	Propriedade		Sem cor	-	0,0,0	0,18 mm	
Vias	Rodovia	L	-	-	255,0,0	0,25 mm	
	Pavimentada						
	Não Pavimentada						

FONTE: CTCG (2009)

Para identificar e descrever as regras e os procedimentos, visando analisar as cartas derivadas na escala 1:10.000, é necessário conhecer os dados e as informações representadas na base cartográfica digital na escala 1:2.000 do Paranacidade. A seguir apresenta-se as categorias, as classes e subclasses desta

base cartográfica do município de Campo Largo, com a descrição de seus elementos de acordo com a CTCG (2009).

- Edificações – categoria que descreve as construções, intactas ou somente vestígios. As edificações são classificadas em edificações residenciais, comerciais de pequeno porte, bancos, orfanatos, asilos e casas de repouso; edificações industriais, galpões, silos, barracão industrial e armazéns e chaminés; edificações de administração pública; instituições de ensino; templos religiosos; hospitais, clínicas, postos de saúde; desporto e lazer com subclasses de edificações do autódromo, do kartódromo, do hipódromo; referências comerciais com subclasses de mercados municipais, supermercados, shoppings centers, centro de exposição e posto de combustível; edificações ou construções turísticas com subclasses de monumentos, cruzeiros, estátuas e mirantes, panteão; edificações de transporte, posto da polícia rodoviária, edificação ou terminal rodoviário urbano, pedágio, edificações de aeroporto, estação ferroviária e edificação de porto; edificações culturais, museus, teatros, cinema, biblioteca, centro cultural, galeria de arte, edificações tombadas, ruínas históricas; estações meteorológicas e hidrológicas; farol ou farolete.

- Cemitérios – lugar onde são enterrados os corpos das pessoas mortas.
- Transporte – categoria que abrange todas as vias de acesso, obras de arte e edificações que servem de base ou apoio ao deslocamento humano, transporte de recursos econômicos ou estabelecimento temporário ligado a esta atividade. A categoria transporte contém as seguintes feições: as rodovias com subclasses de trilhas e picadas, caminho carroçável, rodovia do tráfego periódico, auto-estrada, rodovias em construção, rodovias pavimentadas e não pavimentadas, rodovias federais, estaduais e municipais; obras de arte com subclasses de túneis, pontes, viadutos, passagem de nível, pinguelas, passarelas; pistas de repouso de transporte aéreo com subclasses de aeroporto, campos de pouso, de emergência, heliporto, heliponto; arruamentos com subclasse de vias pavimentadas com meio-fio e sem meio-fio, vias não pavimentadas com meio-fio e sem meio-fio; passeio com subclasses de passeio com calçamento e sem calçamento; ciclovia; ferrovias com subclasses de ferrovia linha simples e linha dupla, elementos afins das ferrovias com subclasses de pátio ferroviário, girador ferroviário; obras portuárias e costeiras com subclasses de porto, cais, píer ou molhe de atracação, trapiche, ancoradouro ou

fundeadoiro, rampa; caminho aéreo com subclasse de funicular ou caminho aéreo; hidrovia.

- **Infraestrutura** – categoria que abrange um conjunto de elementos estruturais referente aos sistemas de saneamento e de fornecimento de energia elétrica e de transporte de uma cidade ou região. As classes de feições desta categoria são: obras de arte; barragens, açude ou eclusa, dique ou revestimento de concreto, de alvenaria, de pedra, de terra; comporta para navegação em rios; quebra mar com subclasses de quebra mar de concreto, de alvenaria, de pedra, espigão; geração e transmissão de energia elétrica; usinas de geração de energia elétrica; linhas de transmissão de energia elétrica; subtação com subclasses de subtação de transmissão de energia, de distribuição de energia elétrica; postes; antenas de telecomunicação com subclasses de antenas de comunicações, de rádio de comunicação; torres com subclasses de torres de controle, de radar, de observação, de transmissão, de telecomunicação; sistema de abastecimento de água com subclasses de pontos de captação de água, pontos de captação de água subterrânea, superficial, poços de água; depósito de abastecimento de água com subclasses de reservatórios de água, caixa de água, cisternas; estação de tratamento de água; adutora; condutos com subclasses de aquedutos, calhas, condutos forçados; sistema de esgotamento sanitário com subclasses de estação de tratamento esgoto, coletores de interceptores; resíduos com subclasse de resíduos contínuos, aterros sanitários, lixão; resíduos líquidos com subclasses de esgoto, chorume, vinhoto; reservatório em geral .

- **Hidrografia** – categoria que descreve o conjunto de águas correntes ou estáveis da superfície da Terra, bem como obstáculos, naturais ou artificiais, expostos ou submersos, que dificultam a navegação. As classes de feições desta categoria são: cursos de água e canais com subclasses de cursos de água e canais perenes, temporais, canalizado encoberto; baixio; lago ou lagoa ou açude com subclasses de lago ou lagoa ou açude perene, temporário; linha de costa; terreno sujeito a inundação; quedas de água com subclasses de solto ou catarata, cachoeira, corredeira; fontes e sumidouros com subclasses de fontes ou nascentes, sumidouro; mar com subclasses de oceano, baía, laguna.

- **Pontos de apoio** – as classes de feições desta categoria são: pontos de apoio fundamental com subclasses de ponto de apoio fundamental horizontal,

vertical , horizontal e vertical; pontos de apoio básico com subclasses de ponto de apoio horizontal, vertical, horizontal e vertical; pontos de apoio suplementar com subclasse de ponto de apoio suplementar planialtimétricos (HV's); estação de rede de monitoramento contínuo GPS com subclasses de estação de monitoramento contínuo (RBMC), estação de monitoramento contínuo de particulares.

- Vegetação – categoria que descreve, em caráter geral, a cobertura vegetal encontrada em uma região. As classes de feições desta categoria são: as árvores isoladas nos passeios públicos; vegetação natural com subclasses de vegetação natural arbórea (floresta, mata e bosque), vegetação natural arbustiva (macega, capão e capoeira), vegetação natural rasteira (campo); culturas com subclasses de cultura permante, temporária, mista; reflorestamento; mangue; brejo ou pântano; terreno exposto com subclasses de pedregoso, areia, solo, lago asfáltico, cascalho, saibro.

- Limites – categoria que abrange as linhas artificiais construídas, por atos legais, para delimitar fronteira político-administrativa, bem como os marcos utilizados para materializar a linha no terreno. As classes de feições desta categoria são: divisas políticas com subclasses de divisas internacional, estadual, municipal, distrital, urbano, bairros; unidades de conservação; quadras; limites de propriedades.

- Altimetria – categoria que abrange as representações do relevo e a determinação das alturas de seus pontos característicos. As classes de feições desta categoria são: curva de nível com subclasses de curvas de nível mestra, padrão, suplementar com subclasses de curva de nível medida, aproximada; aterros; corte; depressão; escarpa; falhas geológicas; gruta ou caverna; penedo ou pedra.

- Áreas de lazer – categoria na qual são considerados os espaços urbanos ou rurais destinados ao lazer e desporto. As classes de feições desta categoria são: complexos recreativos com subclasses de parques temáticos, aquáticos, de diversão, zoológico, clube, camping, pesque e pague; praças e parques urbanos com subclasses de praças, parques, jardins botânicos; complexos desportivos especiais com subclasses de pista de autódromo, área de autódromo, pista de kartódromo, área de kartódromo, pista de motocross, de hipódromo, área do hipódromo e hípicas; quadras de esporte com subclasses de campo de futebol, quadra esportiva, campo de golfe; piscina.

Das dez (10) categorias que constituem as bases cartográficas das áreas urbanas dos municípios do Estado do Paraná, a que não consta da base cartográfica do município de Campo Largo é a categoria pontos de apoio, a qual está inclusa dentro da categoria, altimetria, razão pela qual a base cartográfica contém nove (9) categorias.

Esta base de dados cartográfica na escala 1:2.000 contém informações de classes e subclasses de feições que formam a base de dados para a elaboração da base cartográfica derivada na escala 1:10.000. Para esta pesquisa, o interesse primordial é a construção das bases cartográficas na escala 1:10.000, geradas pelo processo de generalização cartográfica manual em ambiente digital.

3.3 METODOLOGIA

Esta pesquisa envolve a proposta de uma metodologia para construir cartas de regiões urbanas na escala 1:10.000, derivadas de cartas na escala 1:2.000. De acordo com os objetivos específicos da pesquisa a organização da metodologia segue as quatro etapas, como ilustra o fluxograma da FIGURA 30.

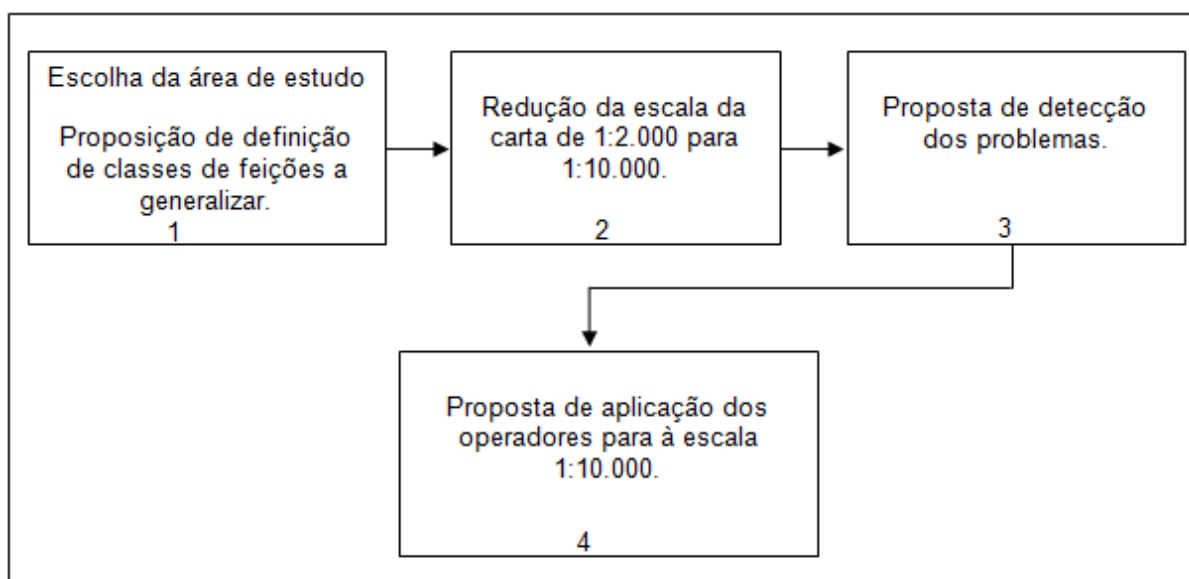


FIGURA 30 FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA PROPOSTA PARA CONSTRUIR CARTAS DERIVADAS PELO PROCESSO GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA
FONTE: Adaptado pelo autor (2013)

3.3.1 Proposição da definição de classes de feições a generalizar

A primeira etapa consistiu na proposição de definição de classes de feições a serem generalizadas. Para tanto, primeiramente foi realizado um estudo sobre as características de cartas topográficas de regiões urbanas, como também sobre quais os possíveis usuários e produtores de dados derivados, com base nos trabalhos de CTCG (2009), KEATES (1973), MCLENNAN (1971), MCMASTER e SHEA (1992), NALINI (2005), ROBINSON (1995) e SLUTER (2008). O objetivo desta etapa do trabalho foi adquirir conhecimento suficiente sobre o assunto, e assim, definir quais as classes de feições seriam propostas para compor o estudo de caso deste trabalho.

A primeira tarefa que foi realizada no processo de generalização cartográfica foi conhecer quais feições estão representadas em cartas topográficas de regiões urbanas. Nesta etapa foi realizada uma pesquisa sobre a existência de instituições que produzem e fazem uso de dados de cartas derivadas. Esta pesquisa foi conduzida com base em documentos como artigos, teses, dissertações e pela biblioteca virtual. Foi identificado que o Paranacidade é a instituição produtora e usuário de dados de mapas derivados do mapeamento topográfico básico no estado do Paraná. O Paranacidade usa os dados dos mapas derivados porque auxiliam no planejamento urbano, sendo estes: Planta Genérica de Valores Imobiliários, Cadastro Técnico Imobiliário e Econômico Urbano, Infraestrutura Urbana, Pavimentação Pública e Plano Diretor Municipal. Estes documentos cartográficos devem apresentar imóveis de regiões urbanas, sistema viário, edificações, quadras, e o loteamento do município (NALINI, 2005).

Na construção de uma carta topográfica, o cartógrafo precisa primeiramente conhecer as características deste tipo de mapa para saber quais feições devem ser representadas, para que a carta a ser construída seja compreendida (SLUTER, 2008). Com o entendimento das características das cartas topográficas, foi possível propor quais feições devem ser representadas na nova carta.

Bos (1984) defende que uma das responsabilidades do cartógrafo no projeto de mapas é, numa primeira fase, familiarizar-se com o seu conteúdo, assim como com o seu propósito. Este conhecimento pode ser adquirido de diversas formas, tais como entrevistas, documentos acadêmicos, contato direto com as instituições

produtoras ou que usam essas informações cartográficas, ou através da análise cartométrica das cartas disponibilizadas pelas instituições (BOS, 1984). O entendimento e conhecimento das informações de cartas topográficas abordadas pelo autor foram considerados na definição das feições a serem generalizadas.

Também foram consideradas as contribuições expostas por MCLENNAN (1971), KEATES (1973), ROBINSON (1995) e CTCG (2009). Segundo os mesmos autores as informações contidas nas cartas topográficas em escalas grandes são o sistema viário; hidrografia; edificações de todos os tipos; limites de propriedades materializados; limites político-administrativos, vegetação e árvores isoladas, culturas, matas, bosques, postes de energia elétrica; curvas de nível e pontos cotados. Parte das informações levantadas por estes autores fazem parte do conteúdo das feições definidas para o desenvolvimento desta pesquisa.

3.3.2 Redução da escala da carta de 1:2.000 para 1:10.000

Depois da definição das feições, é importante em Cartografia que seja estabelecida a escala da carta na qual as feições serão representadas. A escala é o elemento da carta que determina a quantidade, o nível de detalhamento e o tipo de informação que deve ser mantida após a generalização. Portanto, para se realizar a generalização cartográfica deve-se verificar as consequências, nas representações das feições, da redução da escala.

Para a materialização desta segunda etapa da metodologia foi utilizado o *software ArcGIS 10* – da ESRI. Este *software* foi escolhido por apresentar as funcionalidades necessárias ao desenvolvimento do trabalho e por se encontrar disponível no laboratório do LabCarto – UFPR, onde a parte técnica da pesquisa foi desenvolvida. No entanto, deve-se ressaltar que os métodos desenvolvidos nesta pesquisa podem ser aplicados com outros *softwares* de geoprocessamentos que tenham funções compatíveis a estas usadas nesta pesquisa.

A redução da escala de 1:2.000 para 1:10.000 do município de Campo Largo das feições a serem generalizadas, foi realizada com auxílio do programa *ArcGIS 10*. A redução de escala foi feita da seguinte maneira:

- Nos *layers* pertinentes foram selecionadas todas as classes de feições a serem generalizadas.
- Em seguida foi realizada uma transição automatizada da escala 1:2.000 para a escala 1:10.000, sem modificar a representação das feições.

A redução de escala é necessária para que a avaliação cartométrica seja feita (SSC, 1977). Neste estudo de caso, foi considerada, para avaliação cartométrica, a base cartográfica do município de Campo Largo, impressa em papel nas escalas 1:2.000 e 1:10.000 (FIGURA 31 e FIGURA 32). Isto tornou possível, por meio de sua visualização, avaliar as ações a serem realizadas sobre as feições para transformá-las da escala básica para a escala derivada (1:10.000).

A derivação de escala afeta as feições de forma distinta. No caso das feições para as quais não é alterada a dimensão espacial, a definição conceitual, e os atributos destas feições, estas sofrem apenas redução de escala (preservadas as proporções geométricas e a precisão). As feições que sofrem mudança de significado e níveis (ou escala) de medida passam pelo processo de generalização de modo a restabelecer as suas legibilidades. Os níveis de medida constituem o nível de conhecimento sobre as feições que serão representadas nos mapas e podem ser nominais, ordinais e intervalar ou de razão.

Nominais, quando representam as diferenças e semelhanças das feições. Exemplo de mapas que retratam de informações nominais são: o mapa dos tipos de vias urbanas, ou os mapas dos tipos de solo. Ordinais, quando mostram os níveis em uma certa ordem de classificação. Por exemplo, um mapa de fertilidade do solo mostrando regiões de alta, média e baixa fertilidade. Intervalar ou de razão, quando as diferenças e semelhanças dos intervalos numéricos entre as classes é conhecida, sendo comum exemplificar através das escalas de temperatura celsius ou fahrenheit.

Os níveis de medidas são representados nos mapas através das variáveis visuais, de maneira que haja uma correspondência direta entre as variações das feições cartográficas e as variações gráficas das primitivas gráficas. As variações das feições cartográficas são consequentes do nível de medida usados para restabelecer a legibilidade cartográfica.

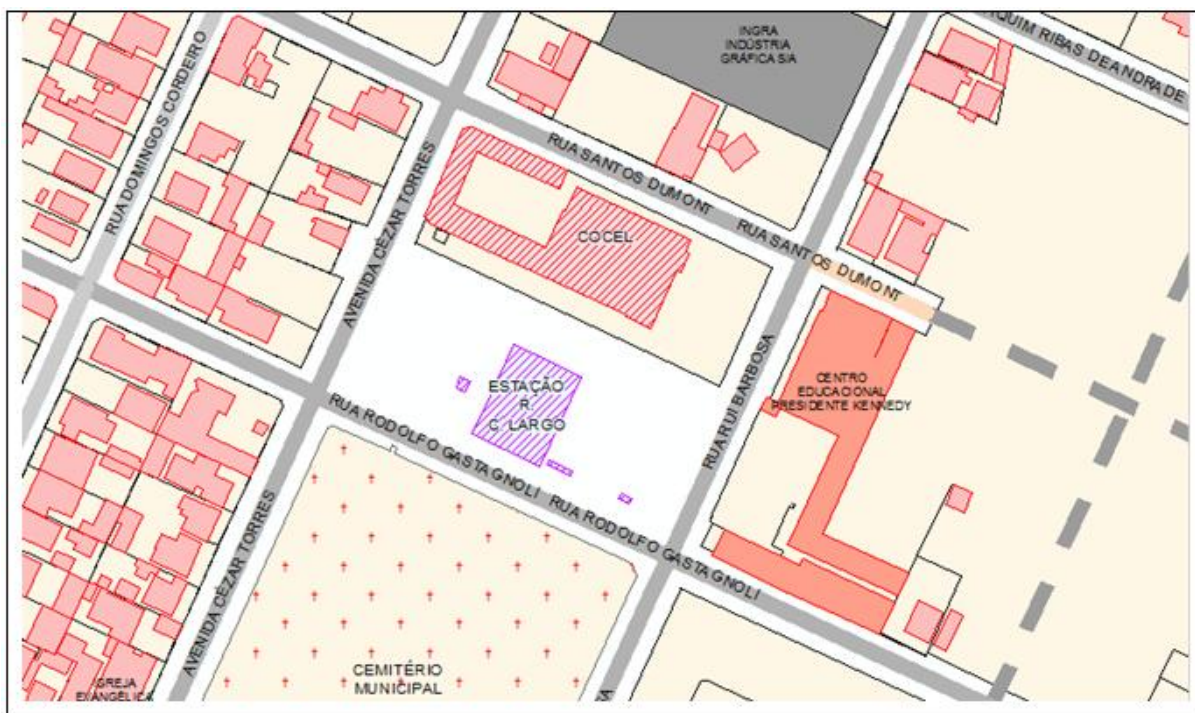


FIGURA 31 RECORTE DA BASE CARTOGRÁFICA NA ESCALA 1:2.000
FONTE: Paranacidade (2013)

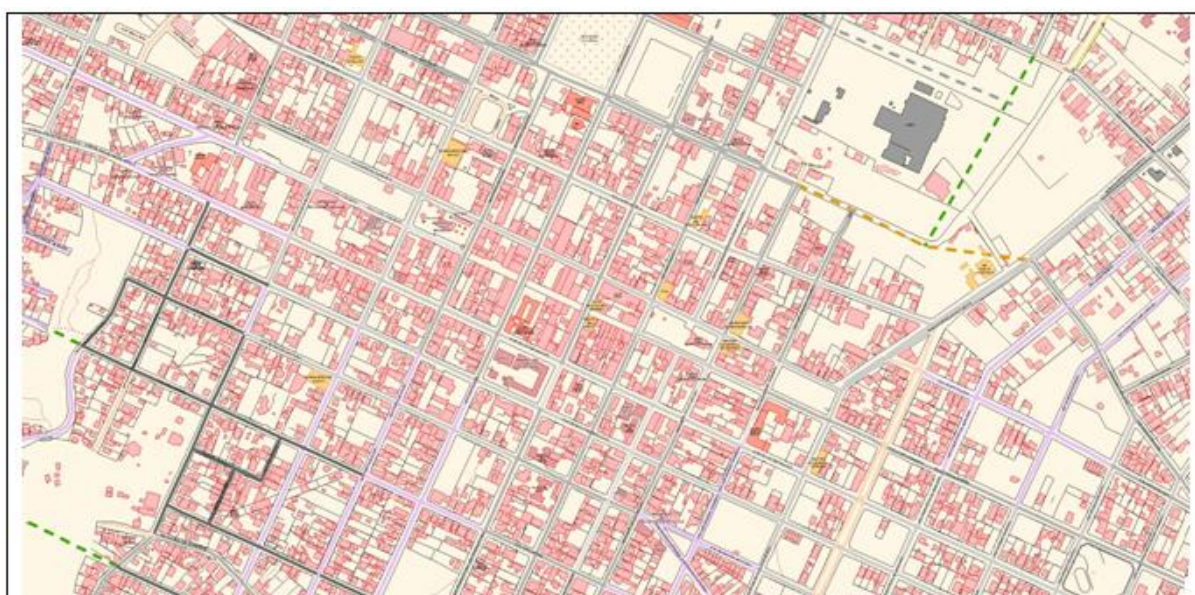


FIGURA 32 RECORTE DA BASE CARTOGRÁFICA NA ESCALA 1:10.000
FONTE: Paranacidade (2013)

3.3.3 Proposta de detecção dos problemas de generalização

A terceira etapa da metodologia consistiu na proposta para detecção visual das condições geométricas devido à redução de escala. Para se realizar esta etapa deve-se ter conhecimento e entendimento suficiente das condições geométricas definidas por MCMASTER e SHEA (1992), que demandam por generalização cartográfica (FIGURA 33). Os mesmos autores ressaltam que as medidas espaciais e holísticas do seu modelo conceitual (vide item 2.2) não formam o conjunto definitivo de medidas relacionadas à generalização cartográfica, mas servem como início para a discussão de tais avaliações. Para complementar a discussão foi necessário combinar e relacionar as características dos problemas de representação definidos por REGNAULD (2001), com as medidas espaciais e holísticas de MCMASTER e SHEA (1992).

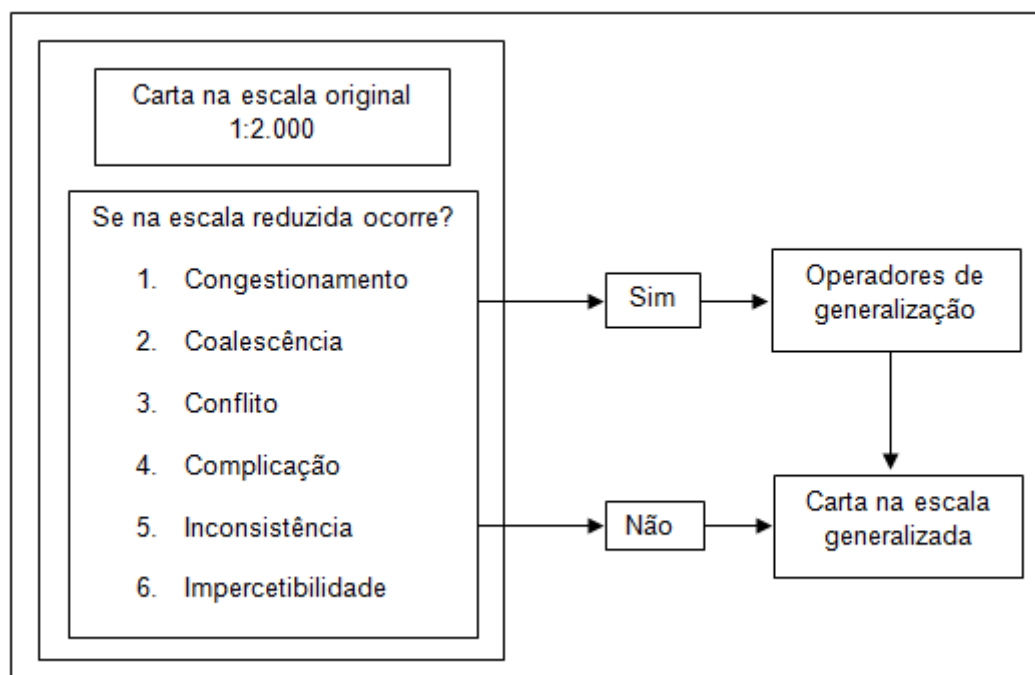


FIGURA 33 CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS QUE DEMANDAM A GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

FONTE: Adaptado de McMaster e Shea (1992)

Com base nos problemas de representação de REGNAULD (2001) e das medidas espaciais e holísticas de MCMASTER e SHEA (1992) foi possível detectar

as condições geométricas pela inspeção visual das feições reduzidas em escala, e pela análise de alguns elementos que as caracterizam. Na inspeção visual em papel impresso foram observadas feições que se sobrepõem total ou parcialmente, deslocamentos de feições, ligação de feições que têm continuidade, bem como a cor, o estilo, a fonte, o tamanho e o tipo de elementos gráficos da representação vetorial (ponto, linha, polígono e texto).

Com auxílio do *software* de geoprocessamento, foi calculada a área de todas as edificações residenciais. A seguir o passo a passo dos procedimentos:

- Foi selecionado o *layer* edificações, na tabela de atributos deste *layer* criou-se um novo campo para armazenar as áreas destas edificações.
- Depois do cálculo das áreas, verificou-se com base na consulta espacial as áreas iguais ou menores do que $0,09\text{mm}^2$.

Neste procedimento foram identificadas as edificações residenciais com áreas iguais ou menores que $0,09\text{ mm}^2$ na escala 1:10.000. Este procedimento permitiu identificar as feições visíveis e as não perceptíveis. TAURA (2007) considera 0,30 mm como comprimento mínimo perceptível para as feições do tipo polígono, como também o comprimento mínimo para os detalhes dos polígonos. Com auxílio da função *Measure*, foram medidas as distâncias de várias feições, que com base na observação visual, mostraram-se de difícil percepção quando o espaçamento entre elas eram iguais ou menores que 0,25mm.

A TABELA 9 mostra as características dos fatores definidos por REGNAULD (2001) que são coincidentes com as características das medidas espaciais e holísticas de MCMASTER e SHEA (1992). A seguir apresenta-se a definição de dois conceitos fundamentais concernentes à qualidade das cartas derivadas, que são a legibilidade e a visibilidade.

A legibilidade é um parâmetro de qualidade de um mapa que significa que a informação procurada pode ser facilmente encontrada, diferenciada entre outras e memorizada sem esforço. A legibilidade está relacionada à facilidade com que o mapa pode ser lido, ou tal conteúdo pode ser compreendido. É a habilidade de detectar diferenças, ou seja, a capacidade do usuário em discriminar entre dois ou mais símbolos. É importante que as feições no mapa sejam detectáveis e legíveis, para que possam ser lidas e entendidas facilmente (BOS, 1984).

A visibilidade é habilidade dos olhos para detectar pequenos objetos ou detalhes espaciais, descriminá-los de seus vizinhos, considerando os tamanhos mínimos perceptíveis estabelecidos (BOS, 1984).

TABELA 9 CARACTERÍSTICAS COMUNS NA METODOLOGIA DE REGNAULD (2001) E DE MCMASTER E SHEA (1992)

Características dos fatores de Regnauld	Características das medidas espaciais e holísticas de McMaster e Shea	Condições geométricas propostas	Problemas demandados pela condições geométricas
Densidade máxima	De densidade	Congestionamento	legibilidade
Forma	De forma		
Proximidade, Similaridade e Continuidade	Proximidade, Similaridade, Distância, De comprimento e sinuosidade	Coalescência Conflito	
Homogeneidade	(Abstratas) homogeneidade	-	
Percepção	(Gestalt) perceptivas	Imperceptibilidade	visibilidade
Tamanho	-		

FONTE: Adaptado pelo autor (2014)

Não foram consideradas as seguintes condições geométricas: a complicação e a inconsistência, pelo fato de serem consequência da aplicação de outros operadores durante o processo de generalização. A mudança de simbolização é um caso que está embutido na dependência com outros operadores. Também a alteração da escala de medida pode ser uma consequência da aplicação de um determinado operador de generalização. Para estudar mais afundo estes dois operadores, seria necessário construir uma carta derivada a partir da carta na escala 1:10.000. É de salientar que a complicação relata uma ambiguidade em desempenho ou aplicação de operadores e, a inconsistência resulta da aplicação não uniforme de operações de generalização. Um exemplo de inconsistência surge quando se omitem edificações individuais em uma carta de escala reduzida.

3.3.4 Proposta de aplicação dos operadores para a escala 1:10.000

A quarta etapa diz respeito à proposição de quais operadores de generalização devem ser aplicados, para as condições geométricas detectadas na escala 1:10.000. A proposição dos operadores utilizados foi definida em conformidade com as transformações espaciais e de atributos (MCMASTER e SHEA, 1992).

A generalização das feições do tipo linha tem efeito sobre outras feições na carta, pois são o ponto de partida para as análises espaciais dos municípios com relação às outras feições (ROBINSON e LEE, 1994; SLUTER *et al*, 2013). A generalização das linhas teve como objetivo reduzir a complexidade visual e restabelecer a legibilidade na escala derivada.

Para a condição geométrica de congestionamento foi aplicado o operador eliminação/omissão. Nesta situação foram eliminadas todas as feições que estavam abaixo do tamanho mínimo de legibilidade (0,30 mm de comprimento de um lado ou de um detalhe), para as feições do tipo polígono. Como exemplo, as edificações residenciais abaixo de 0,09 mm² foram eliminadas. Para as feições do tipo linha, as que perderam sua representação na escala derivada, foram também eliminadas. Como exemplo, o caso de limites de propriedade que já não aparecem na escala derivada.

Após a eliminação das feições que passaram a ser desnecessárias as suas representações na escala 1:10.000, foi aplicado o operador de simplificação. Foram simplificados comprimentos do detalhe do lado do polígono menor ou igual a 0,30 mm. Em toda categoria de edificações, e nas demais feições, foram simplificados os detalhes. Segundo SSC (2007), este operador realiza a simplificação das feições por meio de eliminação de vértices não significativos, os vértices que não são perceptíveis na escala de representação final de generalização são eliminados. Também elimina vértices reduntantes, os vértices cujas as distâncias ao vértice mais próximo forem menores que a distância mínima estabelecida (0,30mm). As reentrâncias existentes nos polígonos com lados menores que o mínimo perceptível na escala derivada são acrescidas e/ou subtraídos, de modo a tornar a forma do polígono o mais regular possível, ou seja, o polígono mantém a sua aparência geral.

Seguidamente foi aplicado o operador de agregação para a categoria de edificações. Neste caso, foram agregadas as edificações residenciais individuais que estavam distantes entre si em menos 0,25 mm na escala 1:10.000. Como consequência da aplicação deste operador, houve formação de áreas construídas residenciais, resultando no surgimento de nova simbolização e um novo atributo.

Para resolver as condições geométricas de conflito e coalescência foi aplicada a operação de deslocamento. Esta operação surge da necessidade de representar um determinado conjunto de feições e o espaço a ele destinado na carta é limitado. Nesta pesquisa foram deslocadas as edificações em relação às vias urbanas. Segundo Taura (2007), a separação entre feições do tipo área e entre feições do tipo área e linha é perceptível ao usuário a partir de 0,25 mm. Este operador ocasiona uma mudança da posição de feições.

Para a condição geométrica de imperceptibilidade podem ser aplicados os seguintes operadores: simbolização, exagero e omissão. Neste caso de estudo, foi aplicada a operação de omissão para todos os topônimos que se tornaram ilegíveis com a redução de escala. No entanto, é de se salientar que, para os topônimos que representam cemitérios, templos religiosos, hospitais deve haver uma atenção especial em não omiti-los, pelo seu grau de importância, relacionado à condição de serem referência espacial na carta topográfica.

Com a proposição de quais os operadores de generalização devem ser aplicados para a escala 1:10.000, conclui-se todas as etapas para construir as cartas de regiões urbanas na escala 1:10.000, derivadas de cartas na escala 1:2.000. A seguir é apresentado o fluxograma (FIGURA 34) que mostra o resumo das etapas da metodologia proposta. No caso em que as soluções metodológicas propostas não são satisfatórios, haverá uma necessidade de se verificar em qual das etapas da metodologia, as decisões devem ser revistas, de tal maneira a melhorar a aplicação das soluções propostas.

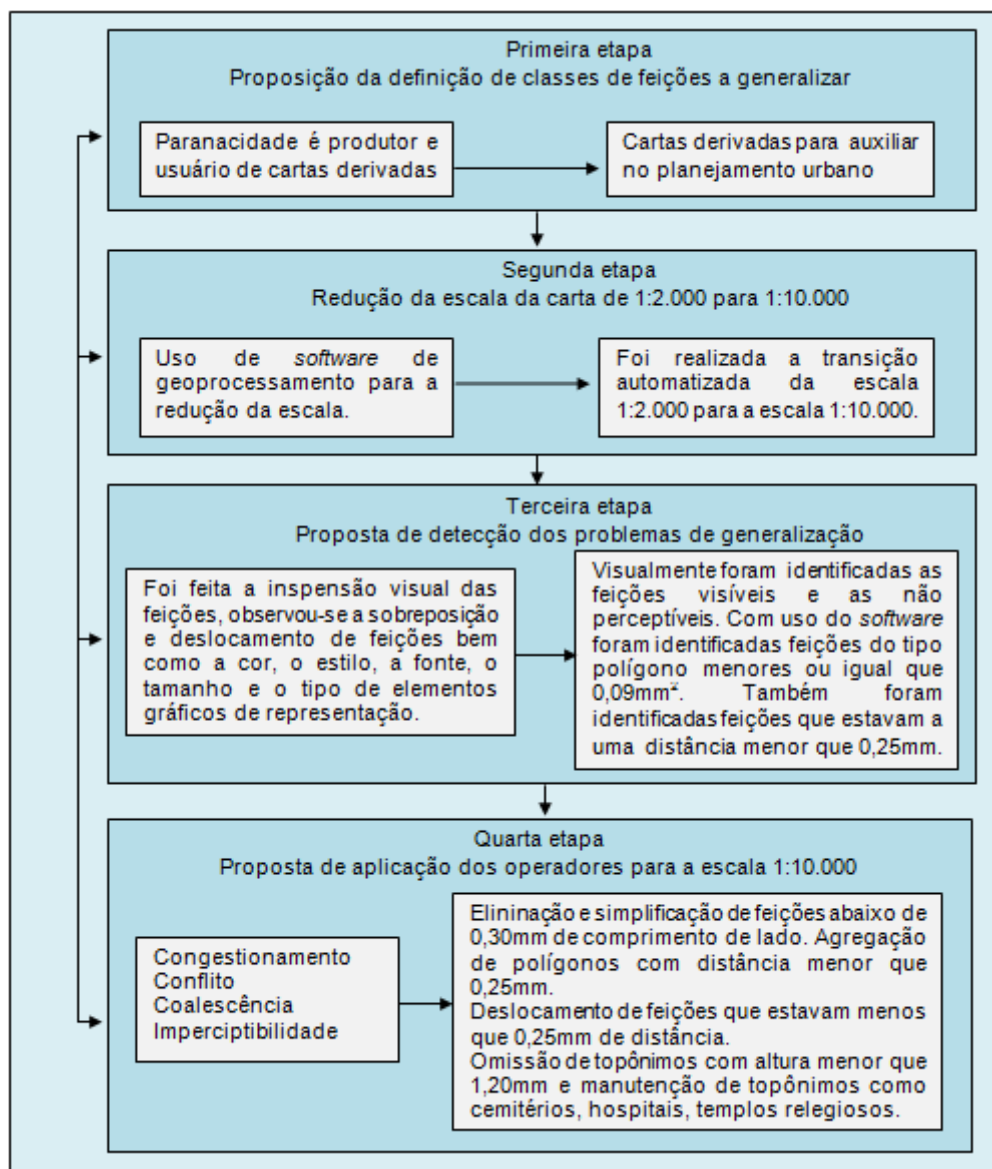


FIGURA 34 FLUXOGRAMA DO RESUMO DAS ETAPAS DA METODOLOGIA PROPOSTA
 FONTE: Adaptado pelo autor (2014)

3.4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

Este tópico consistiu na aplicação da metodologia proposta com a representação cartográfica na escala 1:10.000 da área de estudo. A seguir são apresentados os itens dos procedimentos para a generalização cartográfica.

3.4.1 Entender a organização da base cartográfica do município de Campo Largo na escala 1:2.000

O primeiro passo para o processo de generalização cartográfica manual em ambiente digital, foi selecionar, na carta base, em meio digital, os *layers* pertinentes às categorias das feições definidas para serem representadas na escala 1:10.000. A TABELA 10 mostra o exemplo com quatro categorias de *layers* selecionados com as respectivas classes de feições.

TABELA 10 CATEGORIAS DE *LAYERS* SELECIONADAS

TRANSPORTE	EDIFICAÇÕES	LIMITES	CEMITERIOS
Vias pavimentadas	Residenciais	Limites de propriedade	Cemitérios
Vias não pavimentadas	Ruínas		
Vias em construção	Industriais		
Canteiro central	Comerciais		
	Ensino		
	Públicas		
	Saúde		
	Templos		
	Transporte		

FONTE: Paranacidade (2013)

Para construção das cartas derivadas, na escala 1:10.000, são adotadas as especificações da CTCG (2009), que considera um arquivo gráfico por categorias, tanto para a escala 1:2.000 quanto para a escala 1:10.000. A generalização cartográfica começa com as operações básicas que a seguir são mencionadas e descritas: A composição do conteúdo (ex.: seleção); a codificação dos dados cartográficos (ex: classificação); a apresentação cartográfica dos dados e informações (ex.:simbolização). MONMONIER (1991) considera estas operações

como etapas básicas para o processo, uma vez que sem elas as demais operações não se justificam.

Na atividade de composição do conteúdo são executadas as operações que determinam o conteúdo da carta sem modificar, diretamente, o elemento apresentado. O objetivo é compor a estética em relação à quantidade de elementos representados na carta que está sendo produzida, para atender à escala e aos propósitos desejados (VIANNA, 1997). As operações identificadas para esta atividade são a seleção e eliminação, realizadas da seguinte maneira:

- Seleção das classes de feições que serão representados no documento que está sendo produzido. O exemplo de algumas feições que foram selecionadas neste estudo de caso são as edificações residenciais, edificações públicas, as edificações de ruínas, os cemitérios, as vias pavimentadas e não pavimentadas, entre outras.
- Eliminação entre as feições selecionadas, das ocorrências não necessárias. Estas feições não seriam compatíveis na escala derivada devido ao alto grau de complexidade de sua representação. As feições excluídas são aquelas que prejudicariam a comunicação das informações devido à redução de escala, pois tornam a carta confusa e poluída (MONMONIER, 1991; MCMASTER e SHEA, 1992; VIANNA, 1997).

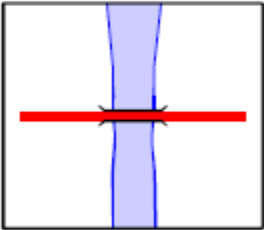
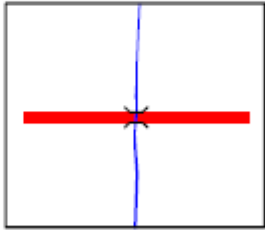
A atividade de codificação dos elementos gráficos é realizada sobre os elementos que tem representatividade na escala da carta generalizada. A operação identificada para esta atividade é a reclassificação. Como exemplo, uma rodovia pavimentada com meio-fio e uma rodovia pavimentada sem meio-fio podem ser classificadas como rodovia pavimentada na escala reduzida. A operação de reclassificação agrupa feições selecionadas em classes de feições que compartilham uma mesma característica (VIANNA, 1997).

A operação de simbolização altera os elementos gráficos diretamente, modificando o posicionamento e a forma de uma feição individual ou de um conjunto de feições com as mesmas características. O exemplo são as pontes e viadutos que quando são representadas em escala usa-se o símbolo de código 115 do MANUAL TÉCNICO T34-700 (1998), e quando são representados por símbolos pontuais, ou seja fora da escala são usados os símbolos de código 114 deste mesmo manual. Já na escala 1:10.000 as pontes e viadutos são representadas por símbolo com código

114. Na TABELA 11 estão representados os símbolos de pontes e viadutos em escala (símbolo 115) e fora da escala (símbolo 114) (MANUAL TÉCNICO T34-700, 1998). Este mesmo raciocínio foi adotado neste trabalho para a representação das feições, quando reduzidas da escala 1:2.000 para escala 1:10.000.

O Manual Técnico T34-700 é um catálogo de símbolos, produzido pelo Ministério do Exército do Brasil. O manual é utilizado para representar as convenções cartográficas na escala 1:50.000, o qual foi adotado neste estudo de caso, pois é a referência oficial para representações cartográficas do mapeamento topográfica brasileiro. A seguir são descritos os critérios e os parâmetros adotados, que auxiliaram na otimização da aplicação das operações.

TABELA 11 - PONTES E OS VIADUTOS DENTRO E FORA DA ESCALA

Feições	Representável por símbolo pontual	Representável por símbolo pontual
	Escala 1:2.000	Escala 1:10.000
Pontes e os viadutos		

FONTE: Manual Técnico T34-700 (1998)

3.4.2 Definição dos critérios e dos parâmetros de legibilidade adotados nas transformações de escala.

Durante o processo de seleção, a cada elemento foi atribuído um grau de importância, o qual serviu de base para a sua representação ou eliminação na escala derivada (MORRISON, 1975; ROBINSON, 1978). Os critérios adotados para definir o grau de importância são: primeiro o tamanho, segundo o grau de proximidade entre feições, e terceiro a combinação do tamanho com a proximidade.

Em seguida foram definidas as especificações dos parâmetros gráficos de legibilidade. Segundo os resultados do teste de percepção de TAURA (2007), o espaçamento entre linhas paralelas, o espaçamento entre linhas e feições de área, e o espaçamento entre feições de área são perceptíveis ao usuário a partir de 0,25mm. Os detalhes do contorno das feições representadas por polígonos são perceptíveis ao usuário a partir de 0,30mm. O tamanho da fonte arial de toponímia é perceptível ao usuário a partir de 1,2mm de altura (TAURA, 2007).

3.4.3 Generalização das edificações

Primeiro foi desenvolvido o cálculo da área das edificações sobre a projeção *UTM*, e levando em consideração estes procedimentos desenvolvidos no software de SIG, na terceira etapa deste estudo, a FIGURA 35 mostra a operação de seleção e de omissão de edificações residenciais.

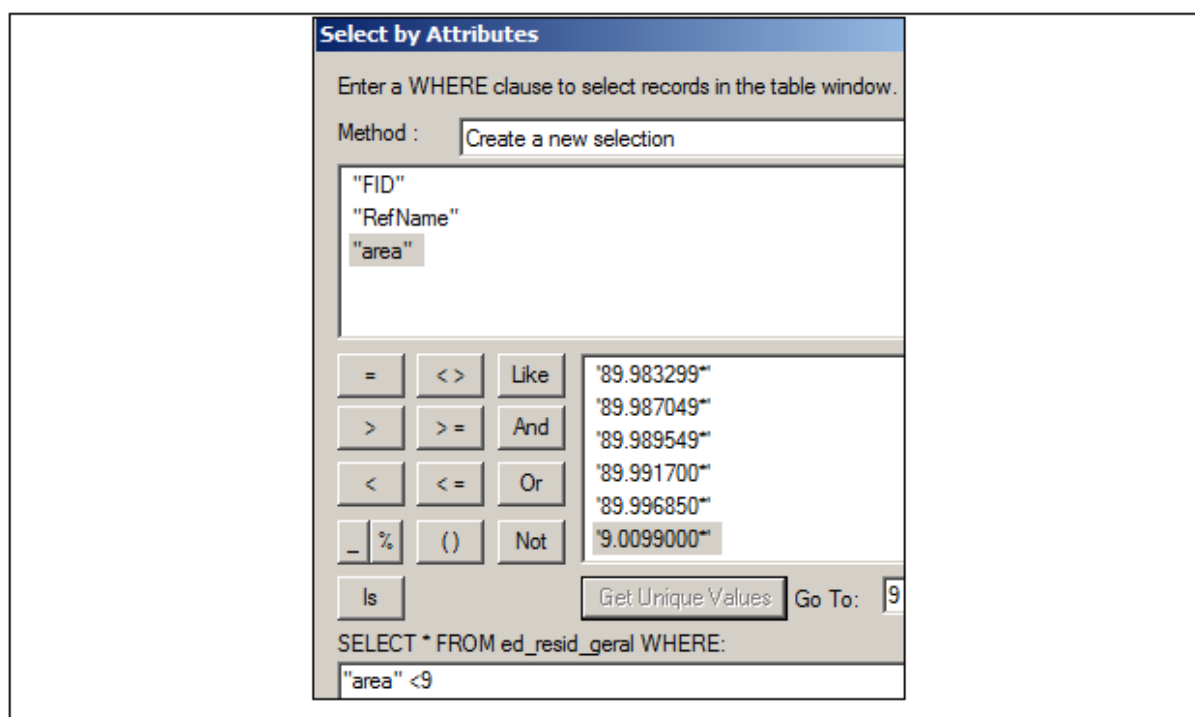


FIGURA 35 OPERAÇÃO SELEÇÃO E OMISSÃO DE EDIFICAÇÕES

A generalização da categoria edificações teve como objetivo reduzir a complexidade visual e restabelecer a legibilidade na escala derivada. A seguir descreve-se os passos da generalização:

- O primeiro passo foi selecionar nos *layers*, na categoria edificações, a classe de edificações.
- O segundo passo foi a definição dos critérios e dos parâmetros descritos no item 3.4.2.

Para a simplificação da categoria edificações, o processo seguiu as seguintes etapas:

- Foi utilizada uma função que simplifica os polígonos fechados. Um dos parâmetros desta função é, em alguns *softwares* de geoprocessamento, denominado de tolerância, e significa que o valor para a simplificação de polígonos deve ser especificado. Neste caso, foi usado um valor que corresponde a uma medidade de 0,30mm. Este valor é o parâmetro de comprimento dos detalhes do contorno das feições representadas por polígonos que são perceptíveis ao usuário.
- Depois ocorreu a simplificação de todas as classes de categoria edificações.

A simplificação foi aplicada para todas as classes de feições da categoria edificações de forma individual. A FIGURA 36 mostra a operação de simplificação. Este operador simplifica as edificações e outras feições do tipo polígono, reduzindo detalhes de limites e mantendo a sua forma essencial. Esta simplificação pode criar novos polígonos simplificados e com novos atributos.

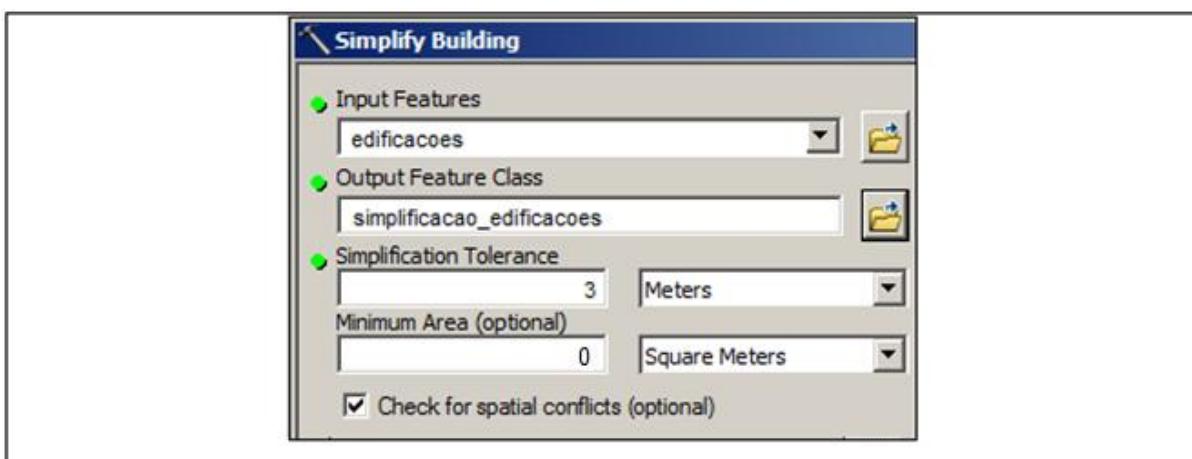


FIGURA 36 OPERAÇÃO DE SIMPLIFICAÇÃO

Depois da simplificação de edificações, foi realizada a agregação, operador que produz feições de área. A agregação só acontece quando dois limites poligonais estão dentro da distância especificada. A seguir descrevem-se os procedimentos para a agregação de edificações residenciais:

- Foi utilizada uma função que agrega os polígonos fechados. Um dos parâmetros desta função é, em alguns *softwares*, denominado de distância, e significa que a distância deve ser especificada entre os limites dos polígonos para que a agregação possa acontecer. Neste caso, foi usado um valor que corresponde a uma medidade de 0,25mm. Este valor é o parâmetro da distância mínima entre feições do tipo polígono e entre feições do tipo linha e polígono que é perceptível ao usuário.

A operação foi aplicada somente ao *layer* de edificações residenciais . A FIGURA 37 ilustra a operação agregação.

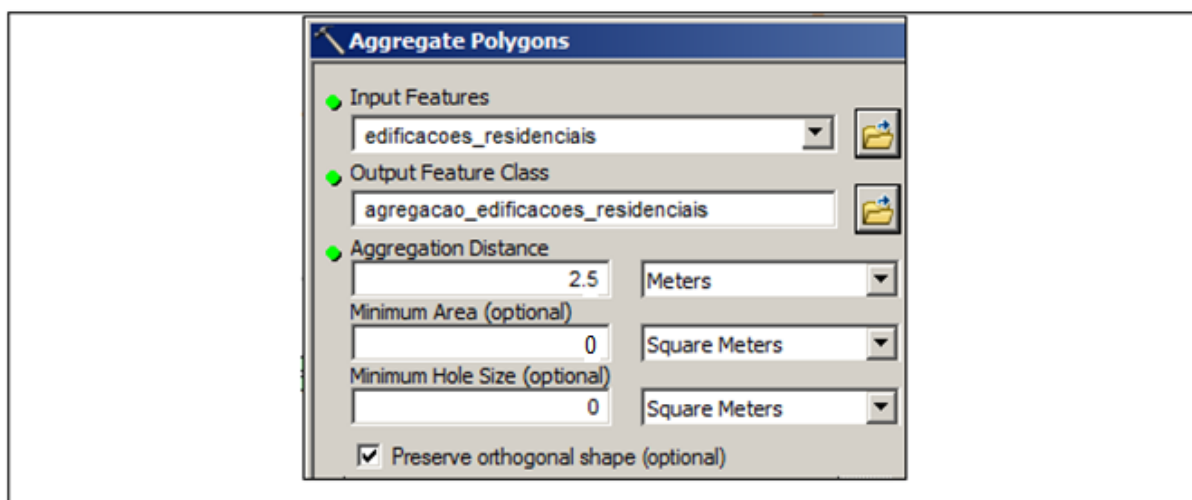







FIGURA 37 OPERAÇÃO DE AGREGAÇÃO

3.4.4 Simplificação das vias urbanas

Segundo Robinson e Lee (1994) a generalização das vias urbanas tem efeito sobre outras feições na carta. A generalização das vias urbanas teve como objetivo reduzir a complexidade visual e restabelecer a legibilidade na escala derivada. A seguir descrevem-se os passos desta generalização:

O primeiro passo foi selecionar nos *layers* pertinentes, na categoria transporte, as vias urbanas. Esta categoria é classificada por feições de vias, pontes e viadutos, túneis e trincheiras, canteiros, rotatórias e cruzamentos. Nas especificações adotadas na tabela da CTCG de categorias das feições cartográficas utilizadas pelo Paranaidade, as vias são classificadas e simbolizadas conforme apresentadas na TABELA 12.

TABELA 12 - REPRESENTAÇÃO DE DIFERENTES CLASSES DE VIAS

Simbologia	Detalhes
	Via pavimentada com meio fio
	Via pavimentada sem meio fio
	Via não pavimentada com meio fio
	Via não pavimentada sem meio fio
	Via em construção

FONTE: CTCG (2009)

Neste caso, as vias urbanas foram reclassificadas em três classes:

- Via pavimentada com meio fio e sem meio fio foram reclassificados em via pavimentada;
- Via não pavimentada com meio fio e sem meio fio foram reclassificados em via não pavimentada;
- Via em construção não foi reclassificada, ou seja, foi mantida esta classe de vias.

Em seguida são estabelecidos os critérios e os parâmetros definidos no item 3.4.2. Para se alcançar a precisão cartográfica pertinente à base cartográfica do município de Campo Largo, foram escolhidos trechos nos cruzamentos das vias, e foi aplicada a operação de simplificação. A seguir, o desenvolvimento das etapas do processo de simplificação das vias urbanas:

- Foi utilizada uma função que simplifica as linhas. Um dos parâmetros desta função é, denominado de tolerância, que determina o grau de simplificação de feições do tipo linha. Neste caso, foi usado um valor que corresponde a uma medidade de 0,30mm. Este parâmetro é o valor mínimo de legibilidade já

estabelecido. Nesta função, o algoritmo opera por eliminação de curvas insignificantes ao longo da linha. A FIGURA 38 ilustra a operação de simplificação.

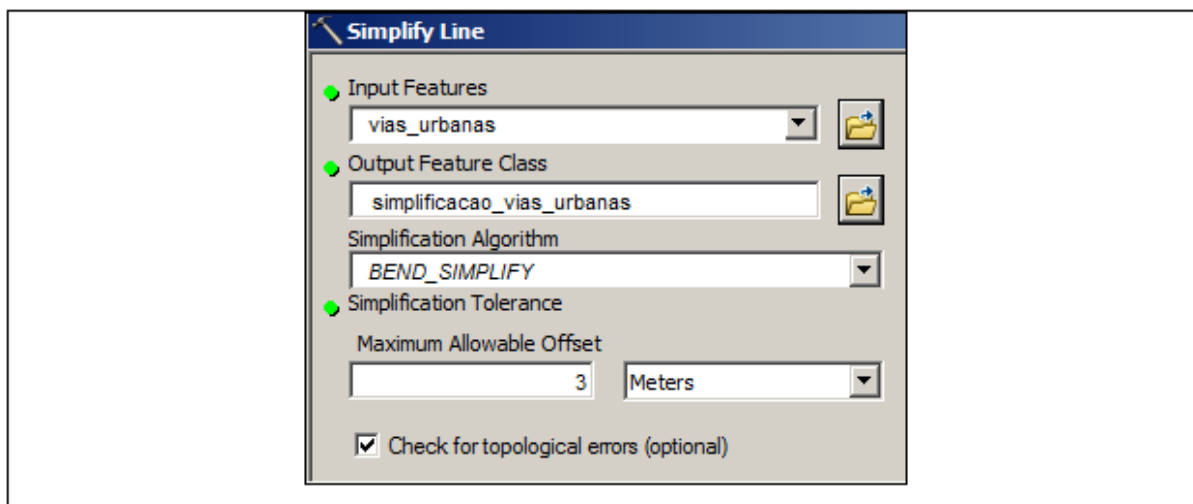


FIGURA 38 OPERAÇÃO DE SIMPLIFICAÇÃO

FONTE: O autor (2014)

3.4.5 Deslocamento das edificações residenciais em relação às vias urbanas

Como foram selecionadas as classes de feições e definidos os critérios e os parâmetros nos itens anteriores, passa-se a descrever os procedimentos para o deslocamento das edificações em relação às vias urbanas, as quais conflituam o mesmo espaço nas representações cartográficas.

Para que estas feições tenham uma representação que o usuário possa distinguir facilmente, foram deslocadas as edificações residenciais em relação às vias urbanas porque as vias determinam as estruturas urbanas. O conflito entre estas feições foi detectada visualmente na escala base, antes da redução da escala. Para confirmar o conflito entre as edificações residenciais e as vias urbanas foi com base no auxílio do *software* de geoprocessamento, na qual foi usado um valor que corresponde a uma medidade de 0,25mm, segundo os critérios de legibilidade. A seguir, a descrição do processo de deslocamento:

- As edificações residenciais foram deslocadas na direção e sentido definido pelo lote para a via. Foram deslocadas as edificações de forma individual

aquelas que conflituavam com as vias urbanas. Este operador desloca todos os vértices da feição à mesma distância e direção. Neste caso, foi usado um valor que corresponde a uma medidade de 0,25mm. Este valor corresponde a distância mínima perceptível ao usuário. A FIGURA 39 mostra a operação de deslocamento.

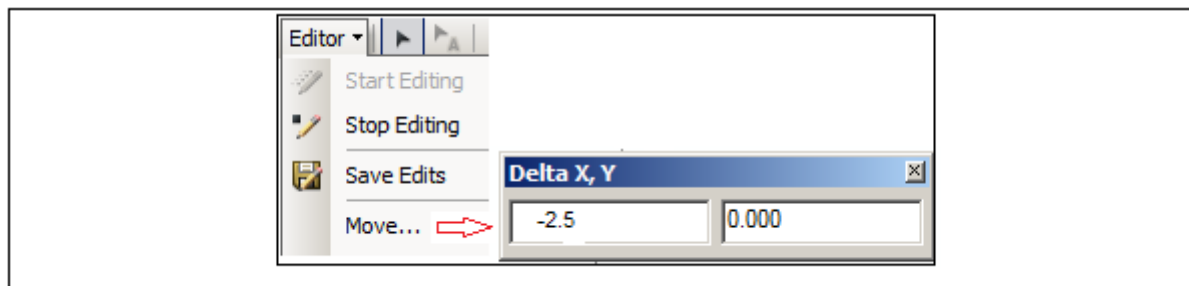


FIGURA 39 OPERAÇÃO DE DESLOCAMENTO
FONTE: O autor (2014)

3.4.6 Generalização da toponímia

A toponímia é uma informação importante em cartas topográficas para o reconhecimento das feições representadas. É uma informação que também é afetada por problemas decorrentes da redução de escala e, o seu nível de detalhamento não permite a sua representação, pois tornaria a carta confusa. Sendo assim, propôs-se que seja selecionada e eliminada quando necessário, devido à redução da escala.

Durante o processo da seleção das feições a ser representadas na escala final, a cada elemento foi atribuído um grau de importância, o qual serviu de base para a sua representação, e neste processo a toponímia sofreu o mesmo, por outras, foi selecionada. No processo de omissão dessas feições que a sua representação na escala final não era necessárias, pelo fato de estarem abaixo do tamanho mínimo identificável em consequência da redução da escala, os topônimos referentes a essas feições, foram eliminados durante a generalização.

Para casos de feições como edificações de saúde, templos religiosos e de ensino foi proposto que toda a simbologia referente a essas feições seja identificada na legenda para facilitar o processo da legibilidade e garantir a comunicação das informações cartográfica representadas.

A toponímia referente a cemitérios e a via urbana BR 277 foi ajustada no tamanho 1,20mm, que é altura mínima perceptível para garantir a legibilidade. Foi ajustada e mantida porque a extensão da área e a largura destas classes de feições permitem sua representação.

Nos *layers* pertinentes a cada classe de feições definadas, foi ativada e/ou desativada a função que permite visualizar a toponímia, e desta maneira ficaram selecionados e omitidos os topônimos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos da proposta metodológica para o processo de generalização cartográfica manual em ambiente digital aplicada às feições do mapeamento topográfico na escala 1:2.000, do município de Campo Largo.

4.1 DEFINIÇÃO DAS FEIÇÕES GENERALIZADAS

As informações espaciais representadas em carta topográficas nas escalas 1:2.000 a 1:10.000 são predominantemente aquelas que identificam o meio urbano, ou seja as que facilitam a realização de atividades em diversas áreas relacionadas com o desenvolvimento dos municípios. As cartas em escalas maiores são usadas para propósitos de cadastro municipal, planos habitacionais, entre outros projetos de desenvolvimento do espaço urbano. No entanto, os usuários das cartas topográficas necessitam de informações espaciais com um nível de detalhamento o mais preciso e acurado possível, em função da escala do mapa.

As soluções adotadas nesta pesquisa estão em conformidade com as soluções de TAURA (2007), porque foram definidas previamente as classes de feições generalizadas. Esta prática segue as especificações da elaboração de um projeto cartográfico, para o qual o cartógrafo deve considerar os aspectos importantes para o reconhecimento do local pelo usuário, bem como as aplicações para as quais a carta é produzida. Pois a fase do projeto cartográfico proporciona uma visão ampla ao cartógrafo em relação ao conteúdo a ser representado e o respectivo grau de detalhamento, conforme a escala de representação.

Com este entendimento e o das necessidades do usuário, foram definidas as seguintes feições a serem generalizadas: Edificações (residenciais, comerciais, públicas, em construção ou ruína, escolas públicas e privadas, igrejas, hospitais, postos de saúde e clínicas, clubes e associações recreativas); cemitérios; transporte (vias pavimentadas e não pavimentadas, vias em construção); limites de propriedade e toponímia.

4.2 REDUÇÃO DA ESCALA DE 1:2.000 PARA 1:10.000

Para a redução de escala, foi realizada uma transição automatizada da escala 1:2.000 para 1:10.000 como ilustram as FIGURA 40 e FIGURA 41.



FIGURA 40 RECORTE DA BASE CARTOGRÁFICA NA ESCALA 1:2.000
FONTE: Paranacidade (2013)



FIGURA 41 RECORTE DA BASE CARTOGRÁFICA NA ESCALA 1:10.000
FONTE: Paranacidade (2013)

Neste recorte, pode-se perceber que há áreas que ficaram mais sobrecarregadas de informações e os detalhes de algumas feições já não são perceptíveis. Por outro lado, pode-se observar que há feições que sofreram a mudança do tipo de primitiva gráfica e de escala de medida, logo devem passar por um redimensionamento de representação. Por exemplo, na área demarcada pelo quadrado (FIGURA 40), visualmente verificou-se que o canteiro central (feições em cor verde) na escala base (1:2.000) estava representado pela primitiva gráfica área, já na escala derivada (1:10.000) mudou-se a representação para a primitiva gráfica para linha.

Outro problema que se verificou é que há dificuldade de se diferenciar as classes de feições, porque as cores da simbologia se confundem entre si. Por exemplo, é difícil distinguir edificações residenciais de edificações em ruínas. Também se percebe que a toponímia se tornou ilegível na escala derivada. Isto cria dificuldade no entendimento das informações e pode gerar interpretações erradas.

4.3 CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS DETECTADAS

Neste tópico, são apresentados alguns recortes da base cartográfica da área de estudo onde ocorrem as seguintes condições geométricas propostas: congestionamento, coalescência, conflito e imperceptibilidade. A FIGURA 42, mostra o congestionamento de edificações na escala 1:10.000.

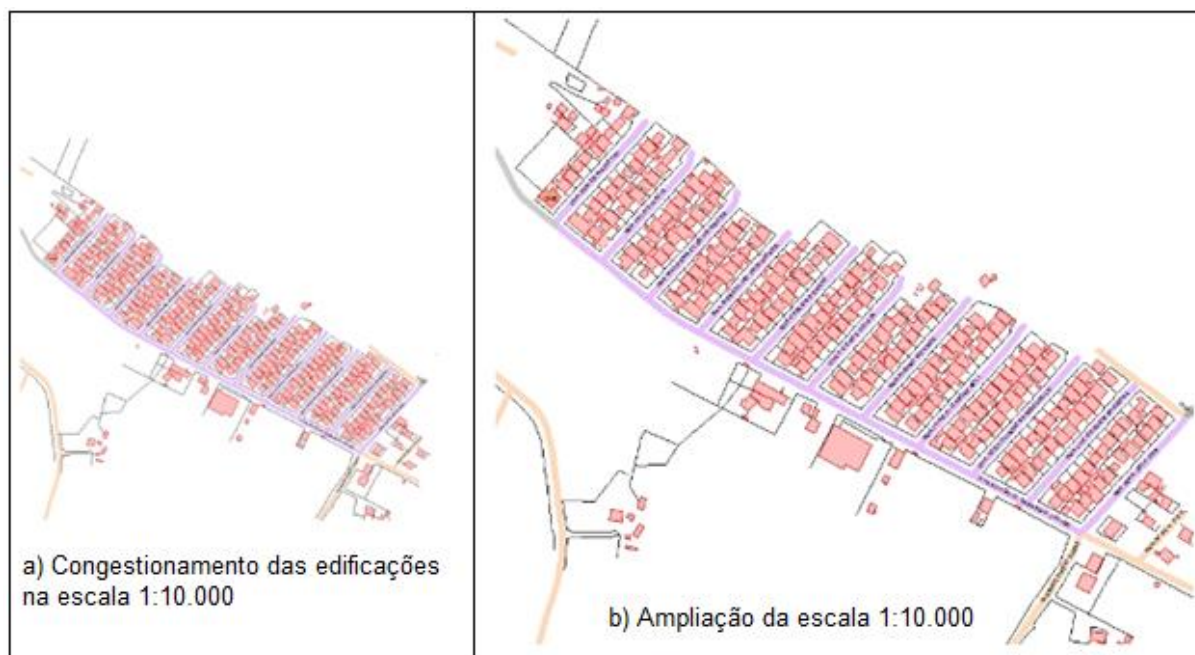


FIGURA 42 CONGESTIONAMENTO DE EDIFICAÇÕES NA ESCALA 1:10.000
FONTE: Paranacidade (2013)

Nesta figura, pode-se observar visualmente que as edificações estão aglomeradas e é difícil de se perceber e se distinguir a separação entre elas. Isto ocorre porque há muitas edificações representadas e também estão próximas entre si. Pode-se perceber ainda que é difícil distinguir, por exemplo, edificações residenciais de edificações de ruínas.

Estas dificuldades para se identificar as feições individuais, devido à proximidade ou sobreposições dos elementos é que especifica o problema de legibilidade.

É apresentada a coalescência de feições na FIGURA 43. Nesta figura as edificações individuais são vistas como uma feição única devido à aproximação entre elas. Os detalhes entre as edificações são difíceis de perceber. Os topônimos “CEMITÉRIOS”, “COCEL”, “INGRA INDÚSTRIA GRÁFICA”, só para citar alguns exemplos, tornaram-se ilegíveis. Os limites de propriedades não aparecem, pois perderam sua representatividade.

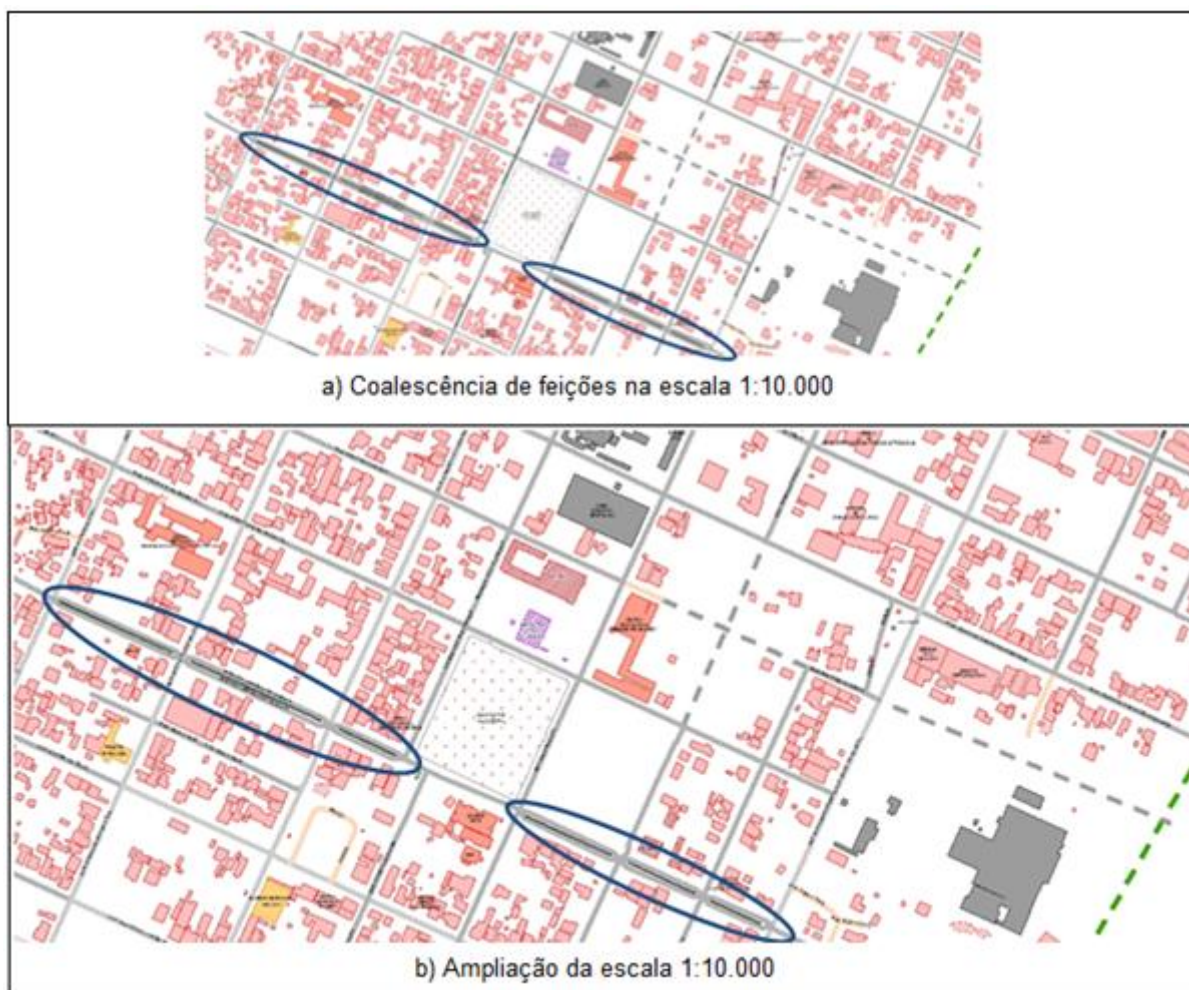


FIGURA 43 COALESCÊNCIA DE FEIÇÕES NA ESCALA 1:10.000
FONTE – Paranacidade (2013)

Ressalta-se que nas áreas demarcadas por elipses na FIGURA 43, pode-se observar que não se percebe a cor da representação dos canteiros centrais.

É de salientar que a coalescência é tratada também como a aproximação excessiva entre as feições e sua sobreposição, com a qual ocorre o problema de legibilidade. Com isso, pode-se concluir que, se houver coalescência de feições, sempre existirá congestionamento das mesmas.

Na FIGURA 44, mostra-se a imperceptibilidade de edificações residenciais na escala 1:10.000. Nesta figura, as edificações residenciais, representadas na cor azul, são aquelas que estão abaixo do tamanho mínimo para serem legíveis, isto é, abaixo de $0,09 \text{ mm}^2$ de área, que são consideradas imperceptíveis em conformidade com os critérios de legibilidade.

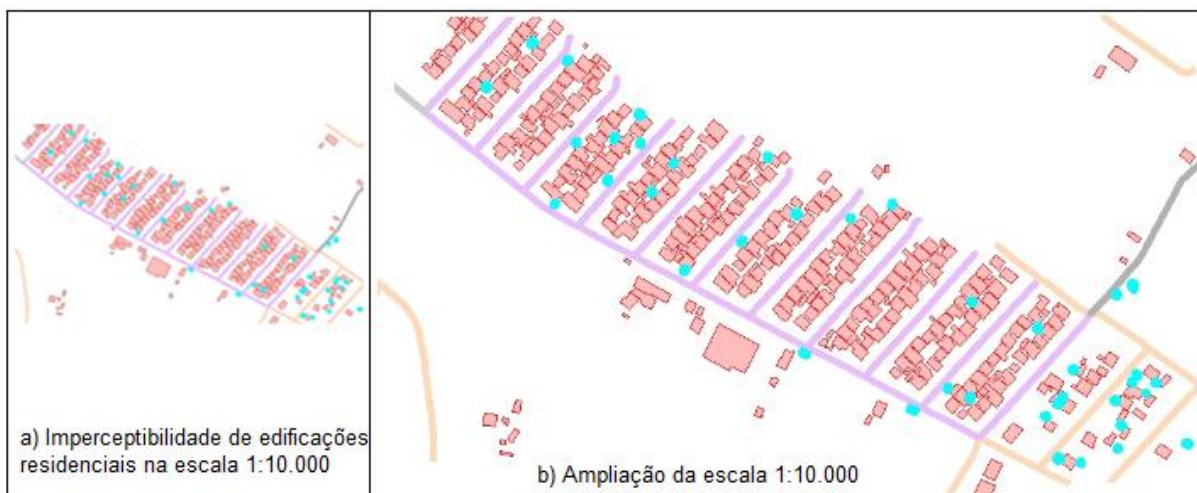


FIGURA 44 IMPERCEPTIBILIDADE DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NA ESCALA 1:10.000

FONTE: O autor (2014)

Na escala base, o número de edificações residenciais era 39.559, já na escala derivada, foram detectadas cerca de 4.939 edificações que estavam abaixo do tamanho de legibilidade. Isto significa que, na carta generalizada as edificações residenciais estarão em um número de 34.620 antes da agregação. Isto significa que houve uma diminuição de 12,4% nas edificações residenciais, indicando não necessariamente que carta na escala 1:10.000 está menos poluída, portanto está é somente uma das etapas da generalização cartográfica, que visa o restabelecimento da legibilidade.

O conflito entre as edificações residenciais e as vias urbanas é ilustrado na FIGURA 45. A sobreposição das feições edificações residenciais com as vias urbanas foi detectada visualmente na escala base, antes da redução da escala, por isso a apresentação da figura ocorreu na escala 1:2.000. Com efeito, este problema deve sofrer o tratamento de generalização de modo a recuperar a legibilidade na escala derivada.

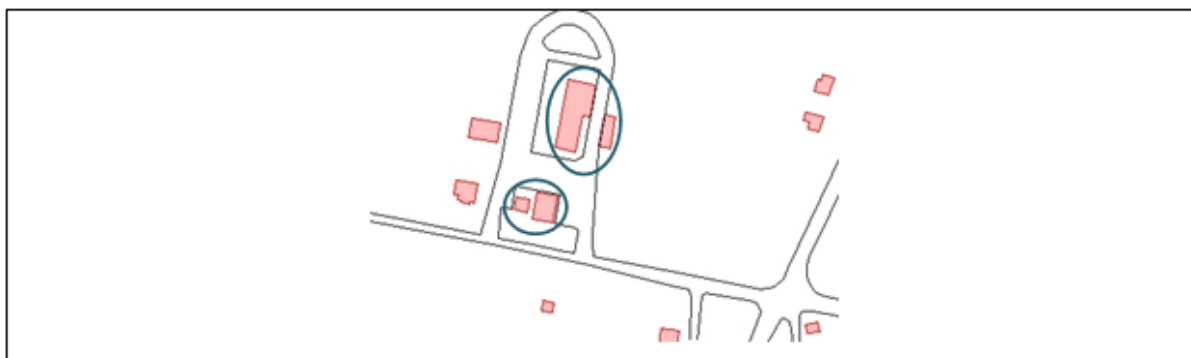


FIGURA 45 CONFLITO ENTRE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS E VIAS URBANAS NA ESCALA 1:2.000
FONTE: Paranacidade (2013)

Este problema cria interpretações erradas, porque é possível confundir as vias urbanas com limites de propriedade, por isso, deve-se realizar o redimensionamento no processo de generalização.

Com auxílio do SIG, foi possível detectar conflito de feições. Considera-se que as feições estão em conflito quando a distância entre elas se encontra abaixo de 0,25 mm, segundo os critérios de legibilidade. Entretanto, é de ressaltar que as condições geométricas de coalescência e conflito, compartilham uma característica em comum, que é a sobreposição de símbolos. Com isso, o problema de legibilidade estará presente, pois o usuário terá dificuldade em visualizar um símbolo, distinguir sua forma e seus detalhes e de identificar as feições.

4.4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA COM REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA NA ESCALA 1:10.000 NA ÁREA DE ESTUDO

As condições geométricas detectadas são causadas por problemas de redução de escala e de visualização das feições representadas. Para solucionar os problemas é necessário que se defina os operadores de generalização, e quais critérios e parâmetros gráficos devem ser aplicados para cada caso de modo a restabelecer a legibilidade das informações na carta derivada

4.4.1 Generalização das edificações

Com base nas condições geométricas detectadas e no entendimento dos tipos de transformações que caracterizam os operadores, e em conformidade com as transformações espaciais e de atributos de MCMASTER e SHEA (1992), foram definidos os seguintes operadores de generalização nesta pesquisa: seleção, eliminação, classificação, simbolização, simplificação, agregação e deslocamento. A FIGURA 46 ilustra o resultado da aplicação das operações de seleção e eliminação para as edificações residenciais.



FIGURA 46 SELEÇÃO E OMISÃO DAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS
FONTE: O autor (2014)

Verificou-se também que após a aplicação da operação manteve-se a topologia e a geometria das edificações. No caso em que as edificações representam cemitérios, hospitais, igrejas, escolas deve haver uma preocupação em não se omitir essas feições, pois são importantes como referências espaciais. Após a seleção e omissão de edificações residenciais, realizou-se as suas simplificações. A FIGURA 47 ilustra o resultado da operação simplificação de edificações residenciais.

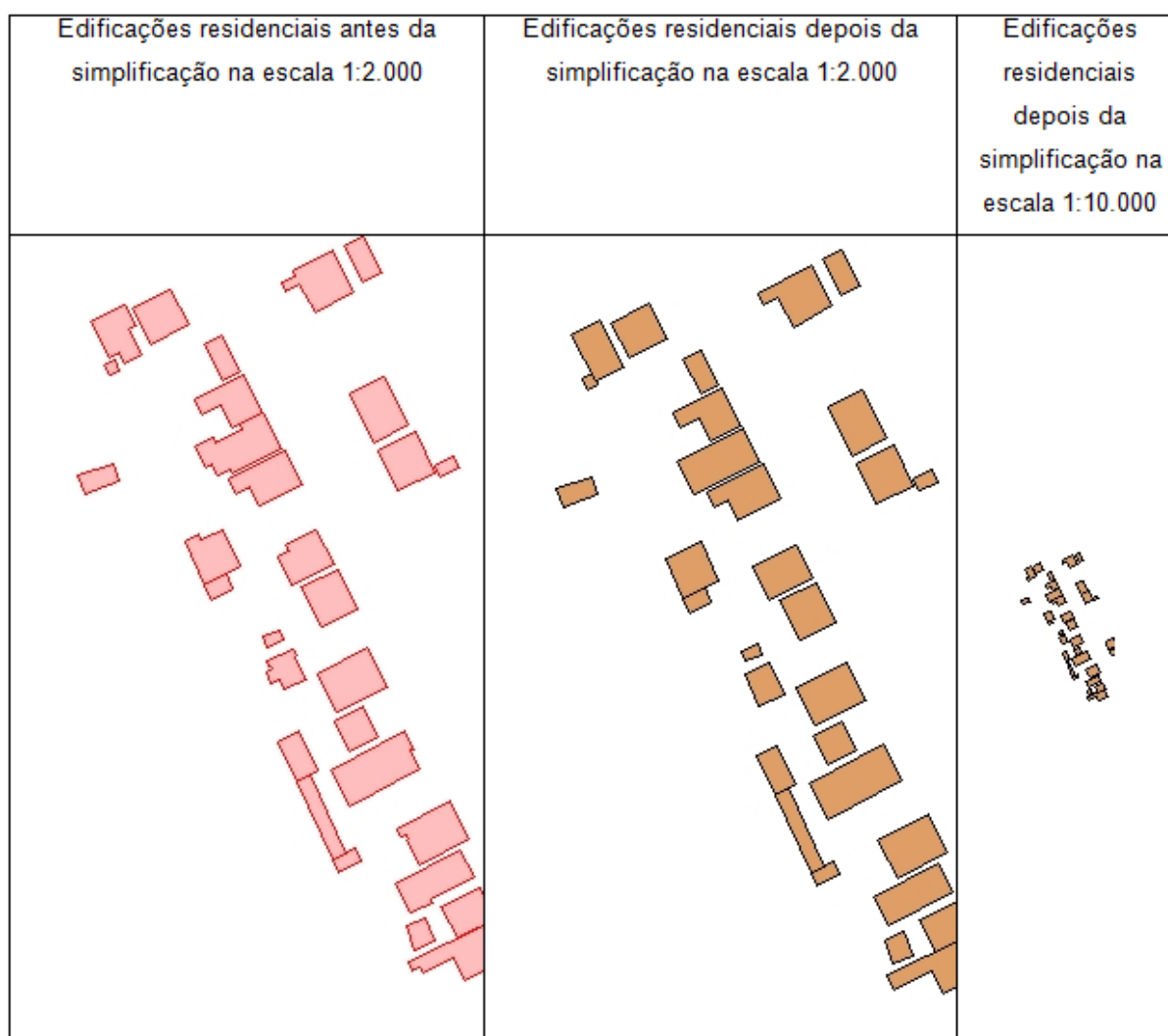


FIGURA 47 SIMPLIFICAÇÃO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS
FONTE: O autor (2014)

O resultado é a criação de polígonos simplificados e com novos atributos. Verificou-se também que a operação aplicada manteve as características originais das edificações e as relações topológicas com as demais feições da carta.

As soluções encontradas neste estudo sobre a manutenção das características originais das feições após a generalização estão em conformidade com as medidas resultantes propostas pela SSC (1977). A manutenção das características originais das feições se dá com a preservação das características topológicas e de forma das feições.

A FIGURA 48, mostra o resultado da aplicação da operação agregação.

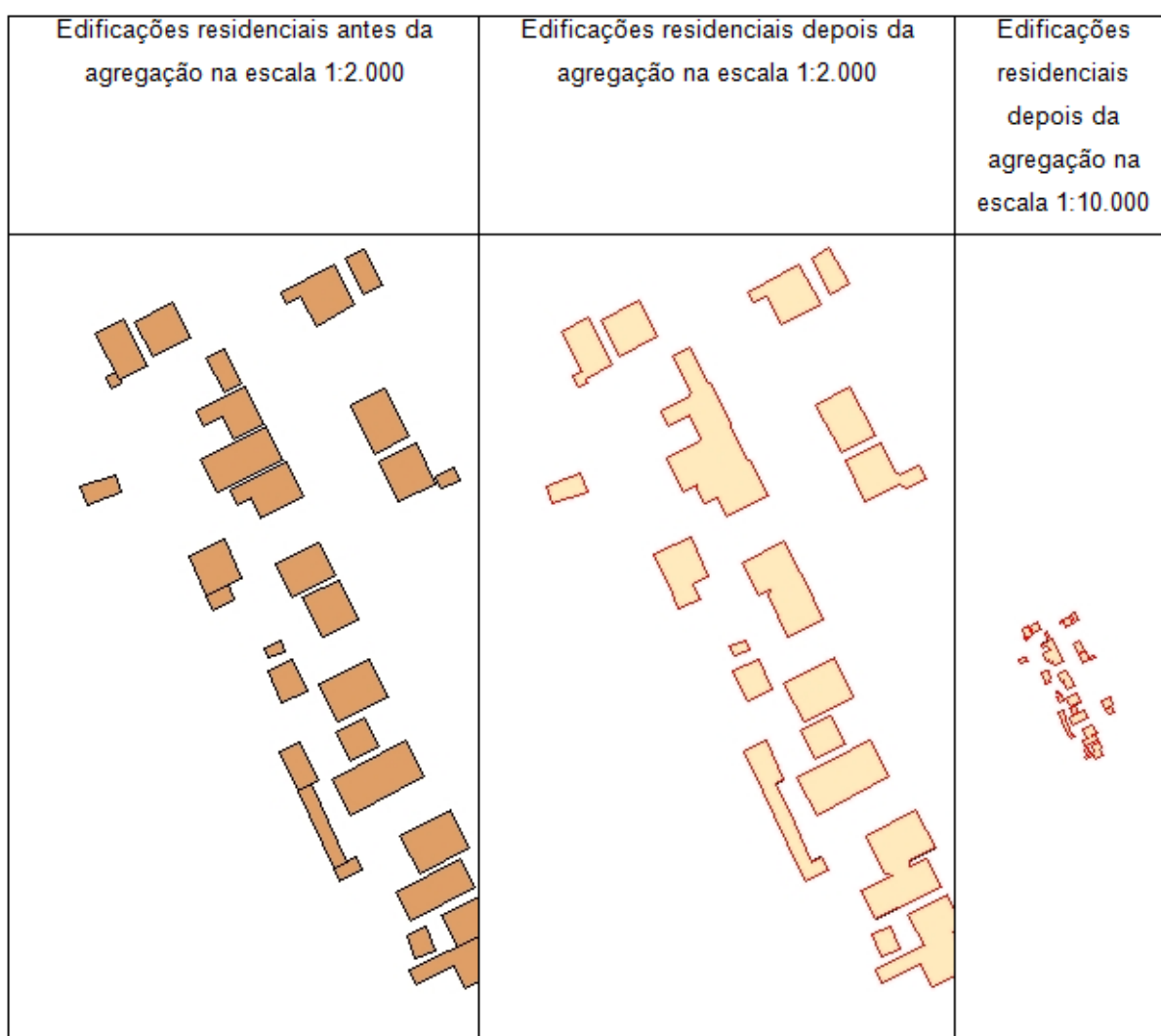


FIGURA 48 AGREGAÇÃO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS E FORMAÇÃO DE ÁREAS CONSTRUÍDAS

FONTE: O autor (2014)

A agregação preserva as características das feições após a redução de escala e pode criar nova classificação. A preservação das características originais consiste na preservação da dimensão (comprimento, largura e altura) que é a

capacidade de manutenção da dimensão original do conjunto de feições em decorrência da aplicação do operador.

4.4.2 Simplificação das vias urbanas

A rede viária é o ponto de partida para projetos de construções de infra-estruturas urbanas, que são parte das análises espaciais dos municípios. Concorrentemente, as edificações e outras categorias de feições são propostas para outros aspectos de planos urbanísticos dependentes da rede viária (SLUTER *et al*, 2013).

Após a realização de procedimentos para a simplificação de vias urbanas, na FIGURA 49 mostra-se a via antes da generalização e a FIGURA 50 ilustra o resultado da aplicação do operador e o número de vértices (pontos) resultantes.

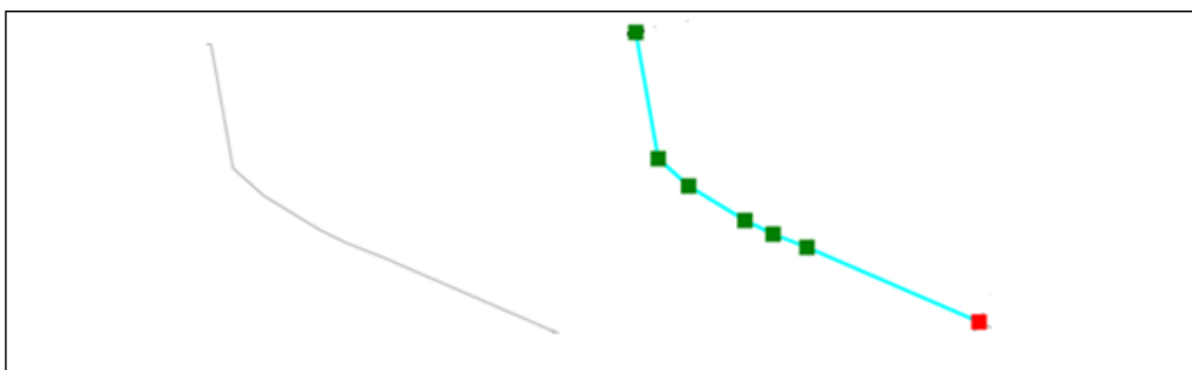


FIGURA 49 REPRESENTAÇÃO DA LINHA ORIGINAL COM O NÚMERO DE PONTOS (7 VÉRTICES) ANTES DA SIMPLIFICAÇÃO NA ESCALA 1:2.000
FONTE: O autor (2014)

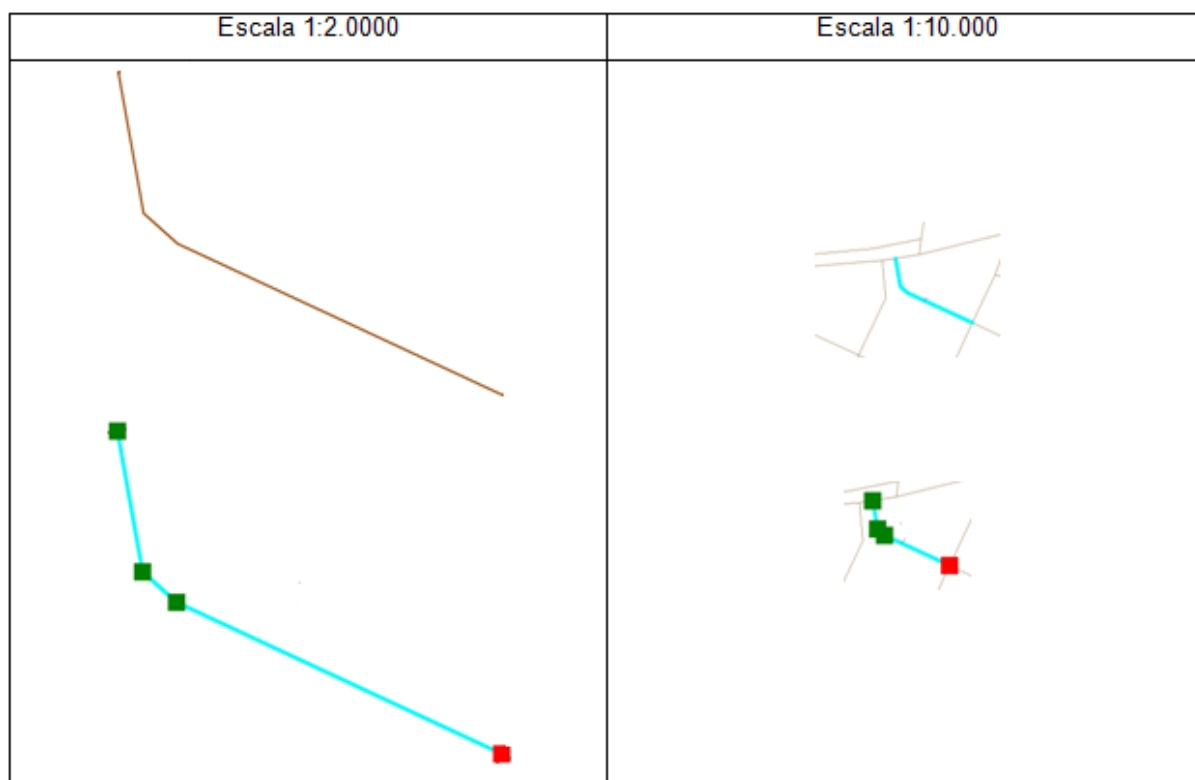


FIGURA 50 REPRESENTAÇÃO DA VIA SIMPLIFICADA COM 3m DE TOLERÂNCIA. PONTOS RESULTANTES 4

FONTE: O autor (2014)

Com este resultado pode se perceber que com a simplificação de linhas utilizando os procedimentos descritos no item 3.4.4, a linha apresenta uma geometria mais próxima ao original, o que significa que há preservação das características originais.

As soluções resultantes são frequentes nos cruzamentos das vias urbanas onde a densidade de pontos em uma linha curva é maior, na qual há necessidade de reduzir a quantidade desses pontos, na escala menor, e simplificar a representação da feição.

4.4.3 Deslocamento das edificações residenciais em relação às vias urbanas

A FIGURA 51 mostra o resultado da operação de deslocamento. Nesta figura verifica-se que as edificações residenciais foram deslocadas. A operação introduziu mudança posicional dos pontos definidores das edificações residenciais. A

precisão cartográfica não ficou comprometida, porque o valor do deslocamento foi estabelecido dentro dos parâmetros gráficos de legibilidade.

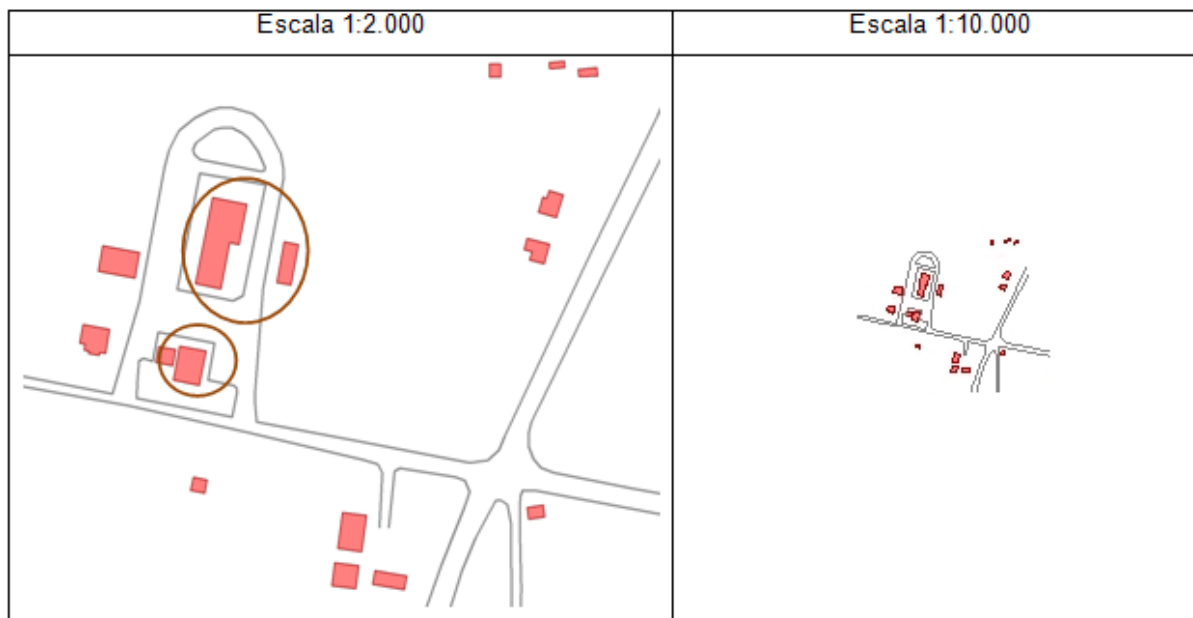


FIGURA 51 DESLOCAMENTO DAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS EM RELAÇÃO ÀS VIAS URBANAS NA ESCALA 1:2.000 E 1:10.000
FONTE: O autor (2014)

Dentro da classe de vias urbanas, tem-se a subclasse dos canteiros que sofreram mudanças na sua primitiva gráfica, passaram de áreas para linhas, devido à redução de escala. Na generalização das informações ocorreu a seleção dos canteiros que colapsaram em linha, porque o espaço a eles destinado era limitado e tornavam a carta congestionada. No processo de omissão dessas informações que a sua representação na escala final não era necessária, devido a limitação do espaço, em consequência da redução da escala, os topônimos referentes a essas feições, foram eliminados durante a generalização.

Canteiros são obstáculos físicos construídos como separadores de pistas de rolamentos, eventualmente substituídos por marcas viárias, e fazem parte de obras ligadas às vias urbanas, sendo elementos fundamentais da rede viária. A FIGURA 52 mostra os canteiros em cor verde, em que a) é uma situação antes da aplicação da operação de eliminação e b) é uma situação depois da aplicação do operador de eliminação. Os canteiros foram generalizados individualmente, aqueles que perderam sua representação e sua tipologia, pois tornariam a carta congestionada.

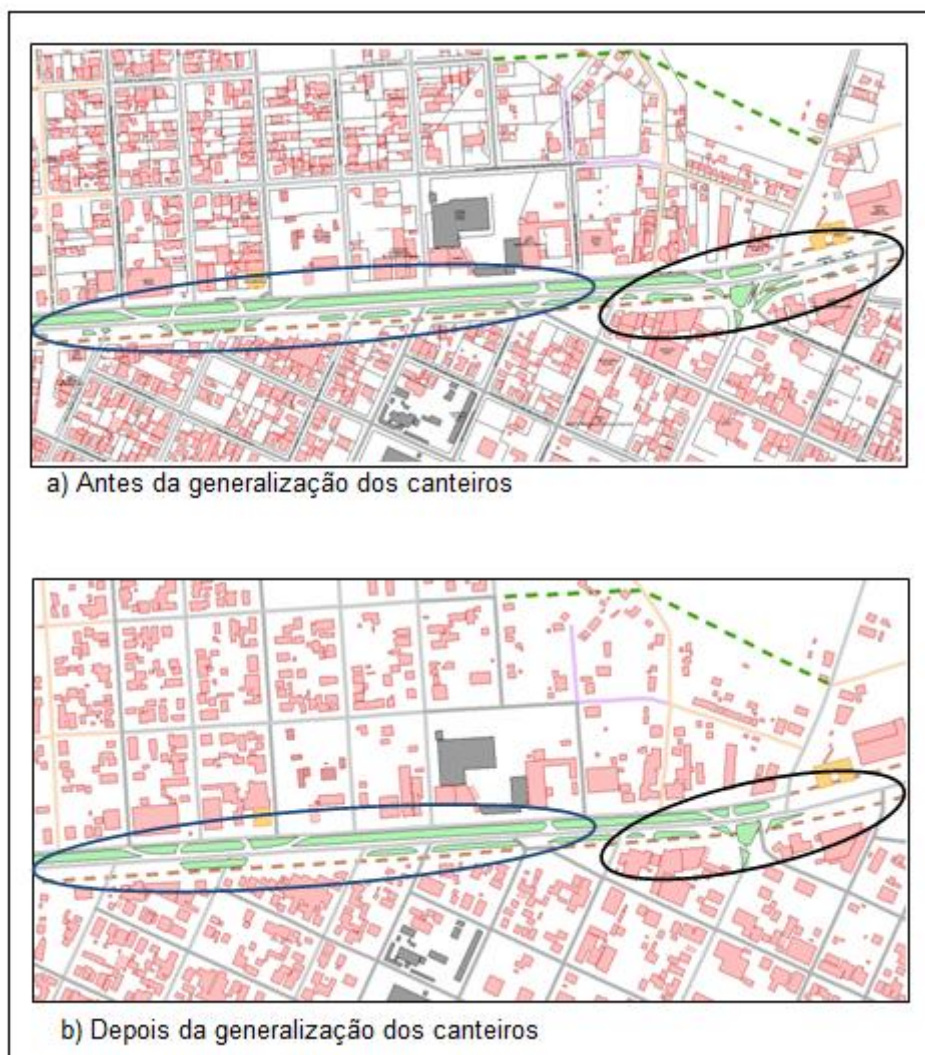


FIGURA 52 OS CANTEIROS NA ESCALA 1:10.000
 FONTE: O autor (2014)

4.4.4 Generalização da toponímia

A Toponímia refere-se aos nomes das feições ou lugares. Neste contexto, a orientação para a localização de qualquer feição no mapa depende da toponímia para sua identificação. Durante o processo da generalização das informações, ocorreu a omissão dos topônimos juntamente com as feições que foram eliminadas. Pelas soluções que foram adotadas neste estudo, não é possível identificar todas as feições de forma individual, e propôs-se a sua seleção e posterior eliminação, sendo que a simbologia referente às feições seja identificada na legenda para garantir a legibilidade cartográfica. As soluções adotadas neste caso, diferem das soluções

adotadas por TAURA (2007), pois o autor adotou uma adaptação no tamanho para que o texto seja adequado à leitura.

A base cartográfica utilizada por TAURA (2007), era composta por símbolos cartográficos constituídos por linhas, isto é, as linhas representavam tanto as feições do tipo linha e do tipo área. Era a partir dos símbolos cartográficos constituídos por linhas que diferenciavam as primitivas e as variáveis gráficas, o que tornava mais difícil de distinguir a diversidade de elementos representados. Neste caso de estudo, os símbolos cartográficos são representados pelas suas primitivas e variáveis gráficas o que cabe ao cartógrafo fazer a seleção das variáveis visuais que mais se adequam aos seus propósitos e objetivos.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A SEQUÊNCIA DO PROCESSO DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

O processo de generalização cartográfica manual em ambiente digital começou com a realização da generalização semântica das classes de feições de vias urbanas, edificações, limites de propriedade incluindo a própria toponímia que facilita o reconhecimento das feições representadas.

As vias urbanas (vide TABELA 12 do item 3.4.4) foram reclassificadas, de vias urbanas pavimentadas e não pavimentadas, passaram a ser representadas como vias urbanas. As vias em contruções permaneceram como na carta na escala 1:2.000 . A generalização propriamente dita começa com a generalização das vias urbanas, pois estas têm efeito sobre outras feições na carta, de modo que deve ter prioridade em relação as demais feições representadas (ROBINSON e LEE, 1994; SLUTER *et al*, 2013).

A proposição da metodologia de construir cartas topográficas nas escalas 1:10.000 seguiu critérios e parâmetros gráficos que intereferem na sua legibilidade. Neste contexto, é apresentada a TABELA 13 que mostra a sequência dos operadores de generalização aplicados no processo de generalização cartográfica neste trabalho.

TABELA 13 SEQUÊNCIA DOS OPERADORES APLICADOS

Classe de feições	Operadores de generalização	Critérios e parâmetros estabelecidos
Edificações	Seleção	Grau de importância
	Eliminação	Feições do tipo polígono com área menor que 0,09mm ² são eliminados/omitidos
	Simplificação	Detalhes de lado menor que 0,30mm nas feições do tipo polígono
	Agregação	Agrega-se feições do tipo polígono com as mesmas características com distância menor que 0,25mm
	Simplificação	Feições agregadas com detalhes de lado menor que 0,30mm nas feições do tipo polígono são simplificadas
	Deslocamento	Edificações com 0,25mm de distância em relação as vias urbanas foram deslocadas
Limites de propriedade	Omissão/Eliminação	Propósito da carta na escala 1:10.000
Vias urbanas	Seleção	Grau de importância
	Classificação	Especificações da CTCG (2009)
	Reclassificação	Propósito da carta na escala 1:10.000
	Simplificação	Eliminação da densidade de pontos ao longo da linha com a distância menor que 0,30mm
Toponímia	Seleção	Grau de importância

FONTE: Adaptado pelo autor (2014)

A sequência dos operadores listados na coluna dois da TABELA 13 visa garantir a aplicação dos procedimentos das respectivas operações, pela criação de algoritmos para a eliminação, a simplificação, a agregação, o deslocamento, a classificação e a reclassificação das feições selecionadas. A FIGURA 53 mostra o recorte da carta na escala 1:2.000 (escala base) do município de Campo Largo. A

FIGURA 54 é a carta na escala 1:10.000 antes do processo de generalização cartográfica. A FIGURA 55 é a carta na escala 1:10.000 depois do processo de generalização cartográfica.

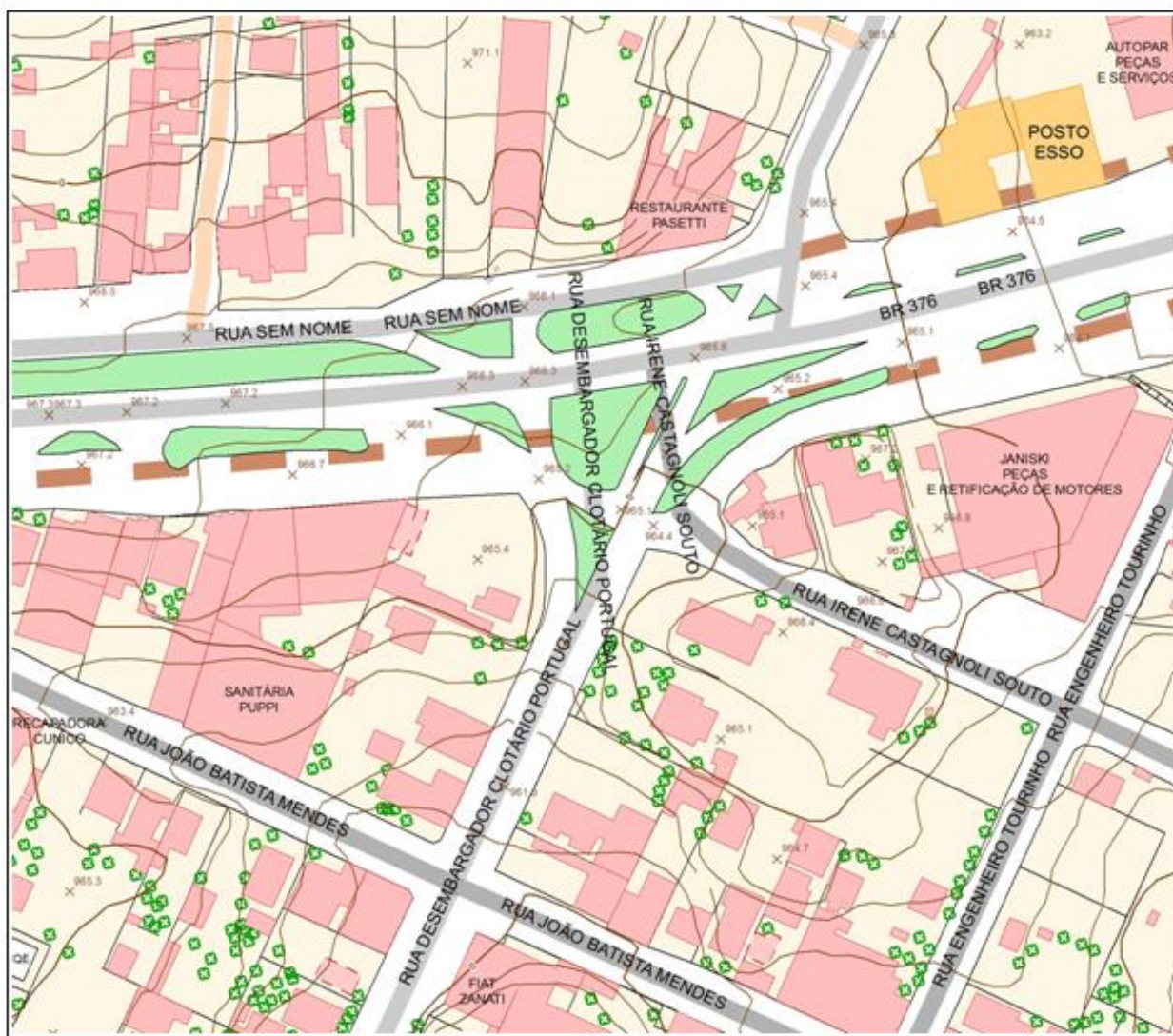


FIGURA 53 RECORTE DA CARTA DO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO NA ESCALA 1:2.000
FONTE: O autor (2014)



FIGURA 54 RECORTE DA CARTA DO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO NA ESCALA 1:10.000 ANTES DA GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA
FONTE: O autor (2014)

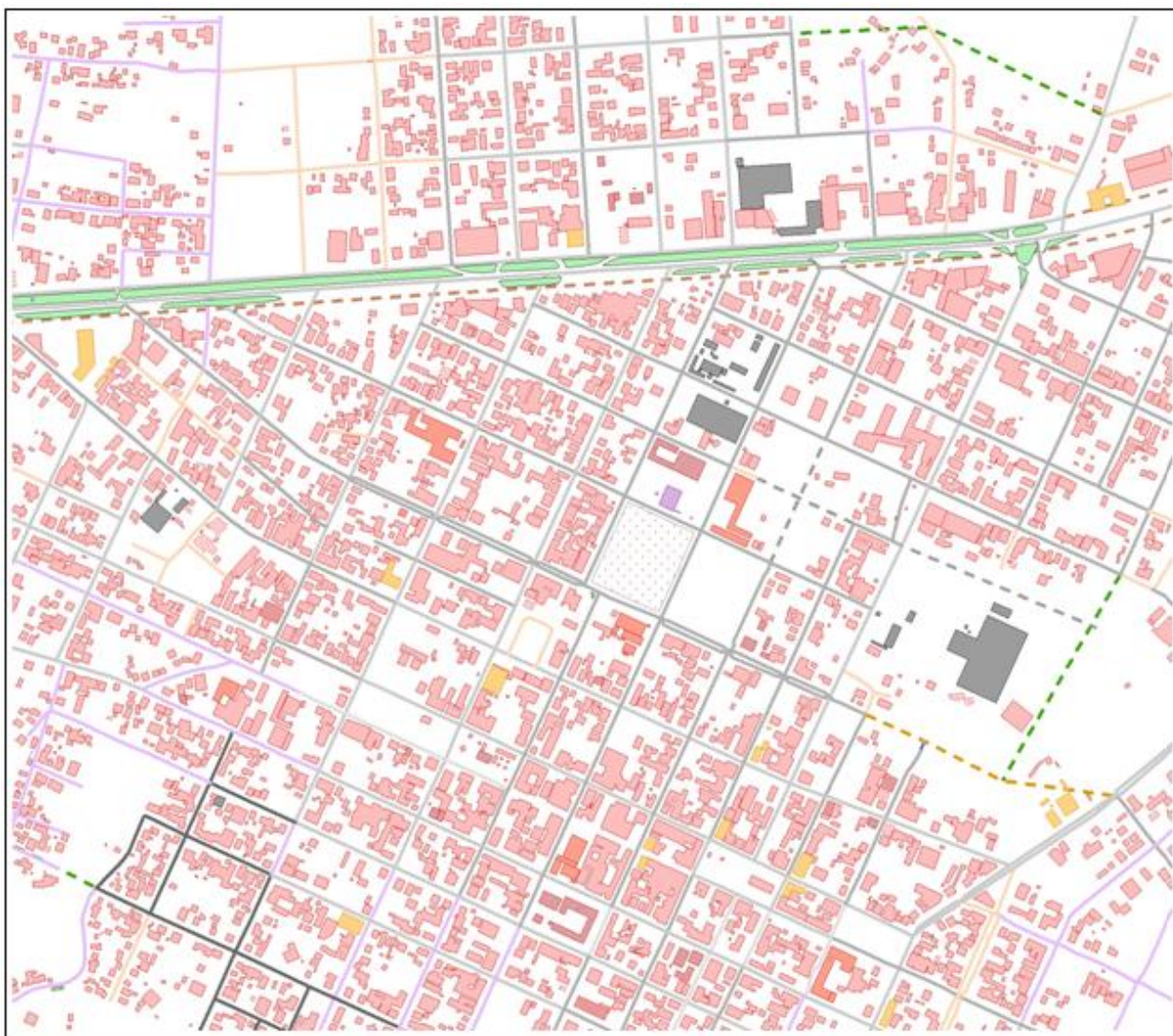


FIGURA 55 RECORTE DA CARTA DO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO NA ESCALA 1:10.000 DEPOIS DA GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA
FONTE: O autor (2014)

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho é parte complementar à dissertação de NATINGUE (2014), que aborda sobre uma proposição de simbologia que se adequa à escala 1:5.000 através das análises de símbolos propostos pela CTCG (2009), a generalização semântica e a reclassificação das feições representadas a partir da carta de 1:2.000.

O desenvolvimento da pesquisa iniciou com a problematização demandada pela redução de escala em cartas topográficas de regiões urbanas em busca pelas respostas para o seguinte problema: como realizar a generalização cartográfica para cartas topográficas de regiões urbanas na escala 1:10.000 derivadas da escala 1:2000?

As soluções propostas para este problema assume como asserção o objetivo principal deste estudo que foi propor uma metodologia para a construção de cartas topográficas na escala 1:10.000, derivadas da escala 1:2.000, de regiões urbanas com edificações, vias urbanas, limites de propriedades e incluindo a própria toponímia, pelo processo de generalização cartográfica manual em ambiente digital, de acordo com os critérios de legibilidade cartográficas definidos no teste de percepção visual de símbolos por TAURA (2007).

Com efeito, a aquisição do conhecimento sobre a produção e utilização das cartas topográficas proposto por NATINGUE (2014), na qual o autor propôs que as decisões sobre os símbolos, a reclassificação e a categorização das feições, devem ser representadas nas cartas topográficas derivadas, levando em consideração os resultados da generalização semântica e o grau de importância das feições. A generalização semântica e o grau de importância das feições são parte da abordagem proposta por (NATINGUE, 2014). Juntamente com os resultados obtidos durante o processo de generalização, o objetivo foi alcançado, isto é, através da aplicação dos conceitos da generalização cartográfica, dos critérios e parâmetros gráficos de visibilidade e legibilidade cartográficas, e pela aplicabilidade da metodologia proposta com a representação cartográfica na área de estudo.

Esta abordagem assumiu que o cartógrafo atua diretamente na etapa de definição das feições a serem mapeadas que são estabelecidas pelas necessidades do usuário em geral (Paranacidade). As cartas em escalas maiores são usadas para propósitos de cadastro municipal, planos habitacionais entre outros projetos de desenvolvimento na produção e uso do espaço urbano.

No processo da avaliação cartométrica, a identificação visual das condições geométricas na carta impressa na escala 1:10.000 implicou na realização da generalização cartográfica. Após a aplicação das transformações espaciais e de atributos, isto é, dos operadores de generalização, observou-se que os problemas detectados devido à redução de escala, tais como aproximação excessiva de feições, imperceptibilidade de informações e mudança do tipo da primitiva gráfica e de escala de medida, foram solucionados.

Na avaliação cartométrica ficou clara a subjetividade envolvida no processo quando foi feita a detecção das condições geométricas, na definição e aplicação dos operadores, porque foi colocado em prática o entendimento, o conhecimento adquirido com base nas análises das características que identificam os problemas de representação, na escala reduzida.

Os resultados obtidos pela aplicação da proposta foram satisfatórios para o grupo de condições geométricas detectadas:

- O congestionamento das edificações em que houve a dificuldade de se perceber e se distinguir a separação entre elas;
- A coalescência de feições na qual as edificações eram vistas como única, devido à aproximação entre elas e os detalhes entre as edificações eram também difíceis de se perceber;
- O conflito entre as edificações residenciais e as vias urbanas e;
- A imperceptibilidade de edificações residenciais que estavam abaixo do tamanho mínimo de legibilidade estabelecido;

Os operadores usados foram:

- A seleção de edificações e vias urbanas;
- A eliminação de edificações abaixo do tamanho perceptível ($0,09 \text{ mm}^2$);
- A agregação de áreas com espaçamento inferiores a $0,25 \text{ mm}$;
- A simplificação de detalhes de comprimento dos lados inferiores a $0,30 \text{ mm}$ e;
- O deslocamento de edificações residenciais em relação às vias urbanas para reduzir a complexidade visual e restabelecer a legibilidade das feições na carta derivada.

Recomenda-se que para pesquisas futuras seja seguida esta linha de raciocínio: Seja feita uma análise na carta derivada de maneira que se detecte os elementos que caracterizam as condições geométricas de inconsistência e complicação, e depois o desenvolvimento de uma proposta para solucionar os problemas de generalização detectados.

Também se propõem o desenvolvimento de um processo de generalização automatizada das edificações, para que as soluções encontradas possam ser comparadas com os resultados da generalização manual desenvolvido em meio digital, com o objetivo de se verificar as diferenças entre os dois processos.

Seja feita a avaliação cartométrica de outras feições nos produtos do Paracidade, para além das definidas neste estudo. Os problemas encontrados possam ser comparados em diferentes produtos e posteriormente a proposta para as soluções.

Para a compreensão e melhor entendimento da legenda e a respectiva simbologia recomenda-se que seja consultado o trabalho sobre a proposta de simbologia para as cartas na escala 1:5.000 no contexto de mapeamento topográfico do Estado do Paraná (NATINGUE, 2014).

REFERÊNCIAS

- BOS, E. S. **Cartographic symbol design**. ITC Cartography course only. 1984. 85p.
- BUNDY, G. L. et al. **Holistic generalization of large-scale cartographic data**. In: Muler, J. C.; Lagrange, P. P.; Weibel, R. ed. GIS and Generalization Methodology and Practice, London, Taylor e Francis, 1995. p 106-119.
- Câmara Técnica de Cartografia e Geoprocessamento do Estado do Paraná - CTCG.. Curitiba, 2009. **Proposta de convenções cartográficas para o mapeamento topográfico em grande escala no estado do paraná**.
- D'ALGE, J. C. L. Generalização cartográfica em sistemas de informação geográfica: Aplicação aos mapas de vegetação da amazônia brasileira. S.P. 2007. 132p.
- DAVIS, Jr. C. A; LAENDER, A. **Múltiplas representações em aplicações urbanas de sistema de informação geográfica**. Minas Gerais, Brasil, 2000. 5p.
- DENT, B.D. **Cartography Thematic Map Design**, Georgia State Univerty. 3a Edição 1985. 421p.
- DENT, B.D. **Cartography Thematic Map Design**. Georgia State Univerty. 5a Edição. 1999. 417p.
- <http://biblioteca.ibge.gov.br>, acessado no dia 29/06/2013.
- ESRI, Environmental Systems Research Institute, Inc. **Automation of Map Generalization** – The Cutting-Edge Technology. California, 1996. 7p.
- FIRKOWSKI, H. **Generalização Cartográfica de Grades Retangulares Regulares Baseada na Teoria Matemática da Comunicação**. Curitiba, 2002. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná.
- ISSMAEL, L.S. **Generalização Cartográfica: Determinação de Operadores e de Escalas Catastróficas**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Cartográfica) – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2003. 250p.

JONES, C.B. **Geographical Information Systems and Computer Cartography**. 1a Edição. New York, Longman, 1997. 319p.

JOÃO, E. M. **Causes and Consequences of Map Generalization**, Ed.Taylor & Francis Ltd, London,1998. 266p.

KRAAK, M. J. et al. **Cartography: Visualization of Spatial Data**. 3a Edição. 2010. 198p.

KEATES, J.S. **Cartographic Design and Production**. 2a Edição. Essex: Logman Scientific & Technical, New York, 1989.

KEATES, J.S. **Cartographic design and production**. Harlow, Grã-Bretanha: Longman. 1973. 240p.

Manual Técnico T 34-700. Convenções **Cartográficas. Normas para o emprego dos símbolos**. 2a Edição. 1998.

MCMMASTER, R. B.; SHEA, K. S. **Generalization in Digital Cartography**. III Series. Washington: Association of American Geographers, 1992. 134p.

MCLENNAN, K.A. **Published Map use in a Consulting Engineering Office**. Cartographic Monograph nº2: Map design and the map user. Canada, 1971.

MONMONIER, M. **How to lie with maps**. 1a Edição. Chicago: The University of Chicago, 1991. 176p.

MORRISON, J.L, 1975: Map Generalization: theory, practice and economics. **Proceeding of the International Symposium on Computer-Assisted Cartography** (Auto-Carto II), 21-25 September 1975, U.S. Department of Commerce, bureau of the census and American congress on surveying and mapping. p 99-112.

NATINGUE, G. R. **Proposta de simbologia para as cartas na escala 1:5.000 no contexto do mapeamento topográfico do Estado do Paraná**. Curitiba, 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná. 122p.

NALINI, V. T. **Avaliação cartométrica da base cartográfica digital adequada à gestão urbana derivada por generalização cartográfica a partir da escala de origem 1:2.000.** Curitiba, 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná. 98p.

Ordnance Survey. **Os Master Maps Topography Layer User guide and technical specification.** V1. 2010. 142p.

POMBO, R. M. e HUINCA, S. C. M. **Generalização automática de contornos de edificações extraídos de imagens de alta resolução.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 2011. 2476p.

REGNAULD, N. **Contextual Building Typification in Automated Map Generalization.** *Algorithmica*, Nova York, nr. 30. 2001. p 312-333.

ROBINSON, A.H. et al. **Elements of Cartography.** 6a Edição. New York: John Wiley & Sons, New York, 1995. 674p.

ROBINSON, G.J.; LEE, F. **An automated generalization system for large scale topographic maps.** In: WORBOYS, M.F. ed. *Innovations in GIS.* New York, Taylor & Francis, 1994. p 53-63.

ROCHA, R.S. **Exatidão cartográfica para as cartas digitais urbanas Florianópolis,** abril de 2002.

SANTIL, F.L.P. **Análise da percepção das variáveis visuais de acordo com as leis da gestalt para representação cartográfica.** Curitiba, 2008. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná. 175p.

SANTO, M. A. D. **Generalização cartográfica automatizada para um banco de dados cadastrais.** Florianópolis, 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. 147p.

SLOCUM, T. A. **Thematic cartography and visualization.** In: Upper-Saddle River, NJ: Prentice-Hall. Third Edition. 2009. 561p.

SLUTER, C. R. **Uma abordagem sistêmica para o desenvolvimento de projeto cartográfico como parte do processo de comunicação cartográfica.** UFPR, 2008. 20p.

SLUTER, C. R., BRANDALIZE, M. C. B., ELZAKKER, C. P. J.V. at al. **Defining standard symbols for street network maps for urban planning based on user requirements**. 26th ICA. 2013.

SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY. **Cartographic Generalization**, Cartographic Publication Series n. 2, 1977. 61p.

SSC. **Cartographic Generalization**, Cartographic Publication Series n. 17, 2002. 121p.

TAURA, T.A. **Estudo da simbologia para cartas nas escalas 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000 de mapeamento urbano do Paraná e generalização cartográfica**. Curitiba, 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná. 81p

VASCONCELOS, T. L., DE SÁ, L. A. C. M. **Generalização cartográfica de feições lineares**. IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação. 2012. 8p.

VIANNA, C. R. F. **Generalização cartográfica em ambiente digital escala 1:250.000 a partir de dados cartográficos digitais na escala de 1:50.000**. Rio de Janeiro, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cartográfica) – Instituto Militar de Engenharia. 240p.